Congreso Internacional de Investigación de ACADEMIAJOURNALS.COM

Mejoramiento Continuo

JUAREZ.ACADEMIAJOURNALS.COM

13 al 15 de abril de 2011

Cd. Juárez, Chihuahua, México

ISSN 1946-5351 Online 1948-2353 CD ROM

Volumen 3, No. 1, 2011

M-R

Por apellido del primer autor

Patrocinadores

Instituto Tecnológico de Cd. Juárez
Cd. Juárez, Chihuahua, México

PDHTech, LLC
San Antonio, TX, EEUU

Colaboradores Especiales

Miembros de la Red Temática de Investigación "Desarrollo Organizacional y Empresarial"

El Gobierno Municipal de Cd. Juárez, Chihuahua

CIUDAD JUÁREZ
GOBIERNO MUNICIPAL 2010·2013

La Asociación de Maquiladoras A.C. de Cd. Juárez, Chihuahua

AMAC

Con el afán y filosofía de mejorar

Comisión Organizadora del Congreso

Jefe de la Comisión Organizadora

Dr. Alfonso Aldape Alamillo
Instituto Tecnológico de Cd. Juárez

Comisión Organizadora

Dr. Jorge Luis García Alcaraz
Universidad Autónoma de Cd. Juárez

MII Aracely Lom Rascón
Instituto Tecnológico de Cd. Juárez

MC Manuel Rodríguez Morachis
Instituto Tecnológico de Cd. Juárez

Dr. Jaime Sánchez Leal
Instituto Tecnológico de Cd. Juárez

MA Ludovico Soto Nogueira
Universidad Autónoma de Cd. Juárez

Dr. Adán Valles Chávez
Instituto Tecnológico de Cd. Juárez

Dr. Sabino Velázquez Trujillo
Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

Dr. Francisco Zorrilla Briones
Instituto Tecnológico de Cd. Juárez

Jefe del Comité de Programa

Dr. Rafael Moras
St. Mary´s University of San Antonio y AcademiaJournals

Consultor de Asuntos Internacionales

George Pyle, President
NetDataPad
http://netdatapad.com/

Título	Autores	Área	Primer autor	Página
RETORNO A PROVEEDORES COMO ESTRATEGIA DE MEJORA CONTINÚA	M.I. JULIAN ISRAEL AGUILAR DUQUE, DR. JORGE LUIS GARCIA ALCARAZ, M.C. JESUS SALINAS CORONADO	Industrial	Aguilar Duque	1
Consideraciones para Establecer un Programa de Incentivos y Prestaciones en la Industria Maquiladora	Dr. Alfonso Aldape Alamillo, Ing. Jesús Ramírez, MC. Luz Elena Terrazas Mata, MC Velia H. Castillo Pérez	Factor humano/ergo	Aldape	7
Necesidad de un programa genérico y estandarizado de formación de trabajadores en entorno de tecnologías avanzadas de fabricación	ohn Henry Antonio Morales, Francisco Javier Marrodan Esparza, Jorge Luis García Alcaraz	Manufactura	Antonio	14
MEJORES PRACTICAS EN LA ADMINISTRACION DE PROYECTOS	Brenda Arrieta Marquéz, Héctor Omar Lazo Padilla, Jorge Luis García Alcaraz	Manufactura	Arrieta	20
Estimación Paramétrica del Modelo de Riesgo Proporcional de Cox	MC. Carlos Arturo Ávila Chávez y Dr. Manuel Román Piña Monárrez	Industrial	Ávila	25
EL DISEÑO AXIOMÁTICO COMO UN MODELO PARA LA TOMA DE DECISIONES	Dr. César Balderrama Armendáriz, Dra. Aidé Maldonado-Macías, Dr. Jorge Pedrozo	Tec y mejora	Balderrama	31
Factores que Inciden en los estudiantes de Nivel Superior, y que cambian de carrera.	Dra. María Esther Barradas Alarcón, Lic. Gisela Cortés Sánchez, Mtra. Luz del Carmen Vargas López, Mtra. Mayra Helen Posadas Tello	Factor humano/ergo	Barradas	38
Rasgos de Personalidad a través del MMPI en Estudiantes de Ingeniería del Instituto Tecnológico de Veracruz.	Dra. María Esther Barradas Alarcón, Mtra. Nohemí Fernández Mojica, Dra. María de Lourdes Lidia Guzmán Ibáñez, Josué Martin Sánchez Barradas.	Areas afines	Barradas	45
Estudio Comparativo de Programas de Modelación Humana Digital para el Análisis Ergonómico del Trabajo	Ing. Ma. del Socorro Batista Vega, Dra. Aidé Aracely Maldonado Macías, M.C. Manuel Alfonso Rodríguez Morachis, Ing. José Torres Cantero	Industrial	Batista Vega	51
Prevencion de accidentes en la Industria Manufacturera (manos)	Ing. Lorenza Griselda Caraveo Portillo, M. C. Manuel Rodríguez Morachis, M. C. Luz Elena Tarango y Dr. Alfonso Aldape Alamillo	Industrial	Caraveo	58
Evolución de Equipos de Trabajo en Empresa Manufacturera	MA Velia Herminia Castillo Pérez, Dr. Alfonso Aldape Alamillo, MA Lydia Nesbitt-Arronte y Dra. Juana Trejo Franco	Factor humano/ergo	Castillo Pérez	62
Las 5 W's Aplicadas al Análisis de las Quejas del Cliente	MA Velia Herminia Castillo Pérez, Dr. Alfonso Aldape Alamillo, MA Felipe Dávila Soltero y Dr. Ricardo Alfredo Varela Juárez	Calidad	Castillo Pérez	74
ACADEMIAS HORIZONTALES DIRIGIENDO EL FUTURO AL INFINITO Y MAS ALLA	Velia Herminia Castillo Pérez MA, Héctor Eloy Luján Garza MC, Lic. Ramón Junco, Dr. Alfonso Aldape Alamillo	EDUCACION	Castillo Pérez	68
Las fortalezas didácticas de la Red Social: Caso Facebook	M.C.C. Rafael Córdoba Del Valle, Claudia Aburto Ambrosio	TICS	Córdoba	80
VALIDACIÓN DE CUESTIONARIO Y ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE ATRIBUTOS CONSIDERADOS AL INVERTIR EN EQUIPO DE CÓMPUTO	Ing. Reyna Aracely Corrales Prieto, Dr. Jorge Luis García Alcaraz	Estadistica	Corrales Prieto	86
Factores Psicológicos en estudiantes del Instituto Tecnológico de Veracruz que solicitan cambio de carrera	Lic. Gisela Cortés Sánchez, Dra. María Esther Barradas Alarcón, Dr. Jorge Arturo Balderrama Trapaga, Mtra. Vanessa Gutierrez. Cotaita	Factor humano/ergo	Cortés	93
ACREDITACION DEL PROGRAMA EDUCATIVO DE CONTADURIA EN LA UNIVERSIDAD VERACRUZANA Y SU IMPACTO PARA IMPLEMENTAR LOS REQUISITOS DE LA NORMA ISO 9001:2008	Mtro. Esteban Cruz Luis, Mtro. Leonardo Flores Barrios	Calidad	Cruz Luis	99
MEJORA DE LA CALIDAD DE UNA ECLISA EMPLEANDO CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO	Dr. Luis Cuautle Gutiérrez, Ing. Ana María Espinosa de Florencio, Ing. Marisol Ramírez García y Lcc. Karina Rosales López	Estadística	Cuatle	105
DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CAPACITACIÓN PARA LA DE TOMA DE TIEMPOS ESTANDAR MEDINATE CRONÓMETRO	Dr.Jorge de la Riva Rodríguez, Ing. Martín González Moncada, Ing. Ramiro Esquivel Durán y Dr.Alfonso Aldape Alamillo	Industrial	De la Riva	111

Título	Autores	Área	Primer autor	Página
Aplicación del sistema SMED para la reducción de tiempos de preparación de una empresa fabricante de mofles y escapes	Dr. Elías Neftalí Escobar Gómez, Dr. Adán Valles Chávez, Dr. Sabino Velázquez Trujillo y M.C. Jorge Antonio Mijangos López	Industrial	Escobar	123
Incremento de la eficiencia del proceso de envasado Brik en la Industria Lechera	Dr. Elías Neftalí Escobar Gómez, Dr. Sabino Velázquez Trujillo, Dr. Alfonso Aldape Alamillo y Dr. Manuel de Jesús Moguel Lievano	Industrial	Escobar	117
COMPARACION DE ALGORITMOS DE PLANEACION DE TRAYECTORIAS QUE EMPLEAN QUIMIOTAXIS BACTERIANA Y MOVIMIENTOS ALEATORIOS PARA EVADIR MINIMOS LOCALES	Helbert Eduardo Espitia C., Jorge Iván Sofrony E., César Leonardo González Pinzón	Automatización y robótica	Espitia	196
LIMITACIONES DE LA METODOLOGÍA DE RESPUESTA DUAL Y EL MÉTODO TAGUCHI EN UN PROCESO DE DISEÑO PARA SEIS SIGMA	M.C. Alois Fabiani Bello, Dr. Manuel Piña Monárrez, Dr. Manuel Rodríguez Medina	Industrial	Fabiani	129
Música barroca + Gimnasia cerebral + Actitud crítica= Pensamiento Estadístico	Mtra. Nohemí Fernández Mojica, Dra. María Esther Barradas Alarcón	Estadistica	Fernández Mojica	134
Valores reales Vs Valores ideales: El caso de los estudiantes de la carrera de ingeniería industrial en el ITV	Mtra. Nohemí Fernández Mojica, Dra. María Esther Barradas Alarcón, Dr. Miguel Ángel Quiroz García, Josué Martin Sánchez Barradas, Psic. Bigvai De los Santos Fernández	Afines	Fernández Mojica	139
IMPACTO DE LOS SISTEMAS DE GESTION DE SEGURIDAD DE LA INFORMACION BAJO LA SERIE ISO/IEC 27001 EN UNA MUESTRA DE ORGANIZACIONES EN LA CIUDAD DE TUXPAN, VERACRUZ	M.C.Leonardo Flores Barrios, Mtro. Esteban Cruz Luis, Mtro. Agust[in Lagunes Domínguez, Mtro. Othón Darío Camacho Díaz	Tec y mejora	Flores Barrios	145
Modelación de las decisiones multicriterio en una compañía transportista	M. A. Mario Flores Domínguez, Ing. Cindy C. Blanco Figueroa, Ing. Francisco Santos Montalvo, Ing. Mario A. Aguilar Herrera, Dr. Alberto A. Aguilar Laserre	Industrial	Flores Domínguez	150
Propuesta metodológica para la selección de proveedores en una empresa transportista	M. A. Mario Flores Domínguez, Ing. Cindy C. Blanco Figueroa, Ing. Francisco Santos Montalvo, Ing. Mario A. Aguilar Herrera, Dr. Alberto A. Aguilar Laserre	Industrial	Flores Domínguez	156
MÉTODO PROPUESTO PARA EL MUESTREO DE TRABAJO MEDIANTE EL RITMO CARDIACO	M.I.I. Ana Isela García Acosta, Dr. Jorge de la Riva Rodríguez, Dr. Jaime Sánchez Leal	Industrial	García Acosta	167
MODELO MULTICRITERIO PARA LOCALIZACIÓN DE UNA BODEGA DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS	Jorge Luis García Alcaraz, Aide Araceli Maldonado Macías, Cely Celene Ronquillo Chávez	Industrial	García Alcaraz	173
Elaboración de un nuevo diseño basado en la gaita escocesa para mejora de su afinación	Lizardo Garcia Soto, M.C. Julio Cesar Arreola Frias	Mecatronica	García Soto	181
UTILIZACIÓN DE TICS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE TABLEROS DE PRACTICAS COMO APOYO DIDÁCTICO PARA LAS EXPERIENCIAS EDUCATIVAS DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES	MTRA. VERÓNICA GARCÍA VALENZUELA, DR. ENRIQUE A. MORALES GONZÁLEZ y M.C. LUIS H. PORRAGAS BELTRÁN	Ed en ing	García Valenzuela	186
Administración de Inventario de materia prima mediante el uso de Herramientas de Manufactura Esbelta	Deisi Gaytán Adame, Dr. Adán Valles Chávez, Dr. Alfonso Aldape Alamillo,	Industrial	Gaytán	161
Seguimiento de los remanentes del huracán “Dolly” en el estado de Chihuahua, mediante imágenes de satélite entre el 25 al 26 de julio de 2008	Dr. Mario Gómez Ramírez, Est. de Biología Yafté Yakín Gómez Álvarez, Est. de Biología Eileen Fátima Gómez Álvarez, Dr. Estela Guadalupe Enríquez Fernández	Afines	Gómez Ramírez	190
ANÁLISIS DE LA APLICABILIDAD DE LA TÉCNICA MAPA DE LA CADENA DE VALOR (VSM) CASO: MAQUINADOS AT S.A. de C.V	Ing. Arturo González Torres	Lean	González Torres	203
CONTROL NEURO-BORROSO DE TEMPERATURA EN UN REACTOR CONTINUO DE TANQUE AGITADO	M.C. Gerardo Grijalva Avila, M.C. José Luis Rodríguez Álvarez, M.C. Edgar Hiram Rosales Cesaretti, M.C. Eduardo Gamero Inda	Afines: Control	Grijalva	211

Título	Autores	Área	Primer autor	Página
Versión en español de la escala de recuperación por agotamiento causado por fatiga	M. C. Juan Luis Hernández Arellano, Ing. Nancy Estefanía Vázquez Alvarez, Dr. Jorge Luis García Alcaraz, Dr. José de Jesús Flores Figueroa	Factor humano/ergo	Hernández Arellano	218
Simulación del impacto de los tiempos de preparación en el rendimiento de un sistema productivo en escenarios de atención FIFO y LIFO	M.C. Rubén Hernández Balbuena, M.C. Rafael Arenas Hernández, Dr. Germán Alonso Ruiz Domínguez y Dr. Lázaro Rico Pérez	Inv. ops	Hernández Balbuena	223
Observadores de estados aplicados a una planta de producción de biodiesel	Dr. Héctor Hernández De León, M.C. Rafael Mota Grajales, Dr. Jorge Camas Anzueto, Ing. Elsa Ojeda Serrano	Eléctrica	Hernández de León	229
ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LA HERRAMIENTA INTEGRAL MTM1 Y MÉTODO RULA CONTRA MÉTODO REBA	Daniel Alberto Hernández García, Aidé Maldonado Macías y Diego Adiel Sandoval	Factor humano/ergo	Hernández García	235
Metodologias de valoración subjetiva de fatiga mental relacionada con el trabajo. Revisión de literatura.	Ing. María del Carmen Hernández Oro, M. C. Juan Luis Hernández Arellano, Dr. Jorge Luis García Alcaraz	Factor humano/ergo	Hernández Oro	241
La integración de la pyme para la mejora continua	Dr. Jorge Hernández Palomino, MC José de Jesús Espinoza Medina, MC José Luis Anaya Carrasco y MA Manuel Aguilar Arellano	Lean	Hernández Palomino	247
MEJORAS CONTINUAS PARA LA REDUCION DE MATERIAL DEFECTUOSO EN EL ENSAMBLE DE MICRO PROCESADORES	Samuel Larrea de la Rosa, Jorge Luis García Alcaraz	Tec y mejora	Larrea	253
Mejores Prácticas de la metodología Justo a Tiempo para la Manufactura	Ing. Héctor Omar Lazo Padilla, Ing. Brenda Alejandrina Arrieta Márquez y Dr Jorge García Alcaraz	Industrial	Lazo Padilla	259
Evaluación de Sustancias Epóxicas Empleadas en el Ensamble de un Diodo Emisor de Luz Utilizando los Métodos Taguchi	M.C. Jorge Limón Romero, M.I. Yolanda Angélica Báez López, Ing. Mariana Espinosa Estrada y M.C. Jesús Salinas Coronado	Industrial	Limón	264
Factores administrativos de éxito de TQM	Mayra Verenice Linares Gil, Jorge Luis García Alcaraz, Cely Celene Ronquillo Chavez	Industrial	Linares Gil	270
Analisis de factores que influyen en la confiabilidad del producto	M. C. Javier Antonio Lom Holguín, Dr. Adán Valles Chávez, Dr. Alfonso Aldape Alamillo, Dr. Sabino Velázquez Trujillo.	Factor humano/ergo	Lom Holguín	275
RESPONSE ANALYSIS IN A PROCESS OPTIMIZATION WITH SIGNAL TO NOISE RATIO, PROCESS CAPABILITY INDEX AND DUAL RESPONSE USING BOX – BEHNKEN DESIGN	M.I.I. Aracely Lom Rascón, Dr. Jaime Sánchez Leal, Dr. Adán Valles Chávez, Dr. Manuel Arnoldo Rodríguez Medina	Industrial	Lom Rascón	281
INTEGRACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA CON TEORÍA DE RESTRICCIONES	Margarita Georgina Luna Kan, Adán Valles Chávez, Alfonso Aldape Alamillo	Manufactura	Luna Kan	287
Explorando el proceso de selección de una propuesta de diseño	MCI. Juan Manuel Madrid Solórzano y Dr. Rutilio García Pereyra	Gestión proyectos	Madrid	293
PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE SOFTWARE DE EVALUACION ERGONOMICA PARA LA SELECCION DE TECNOLOGIA DE MANUFACTURA AVANZADA	Aide Maldonado-Macías, Luis Guillén-Anaya, Luis Barrón-Díaz, Jorge Luis García	Factor humano/ergo	Maldonado	299
Aprendizaje Mediado por la Tecnología Diseño de Material Didáctico Digital para la asignatura de Cálculo Diferencial	Ing. Claudia Lizeth Márquez Martínez, M.I. Edith Montiel Ayala y M.C. Álvaro Encinas Bringas	Educación	Márquez	305
Estudio Comparativo para la Solución del Problema de Balanceo de Células de manufactura en "U" Utilizando Algoritmos Genéticos con Codificación Directa e Indirecta	Ulises Martínez Contreras, William S. Duff y Mirella Parada González	Inv. Ops	Martínez Contreras	311
PRUEBA DE CONFIABILIDAD PARA MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA BAJO UN ESTRÉS ON/OFF.	Ing. Luis Carlos Méndez González, Dr. Manuel Arnoldo Rodríguez Medina y Ing. Luis Alberto Rodríguez Picón	Industrial	Méndez	317
Estudio de Factibilidad para un Laboratorio de Ambiental en una Institución de Educacion Superior: ITCJ	MC Diana Leticia Mendoza Castillo, MA Alberto Cárdenas Valenzuela, MA Silvia Moraima Gutiérrez Quintana y Lic. Magdalena Lizeta González Mirano	Economía Administración	Mendoza Castillo	323

Título	Autores	Área	Primer autor	Página
Ética y negocios: un dilema perenne en las organizaciones	Dr. Manuel de Jesús Moguel Liévano, Dr. Hilario Laguna Caballero, Dr. Sabino Velázquez Trujillo	Ética	Moguel	334
REGULACIONES EN MATERIA DE GOBIERNO CORPORATIVO EN EL ÁMBITO DE LA RESPONSABILIDAD SOCIAL DE LAS EMPRESAS	Dr. Manuel de Jesús Moguel Liévano, Dr. Adán Valles Chávez y Dr. Sabino Velázquez Trujillo	Responsabilidad social	Moguel	328
FACTORES QUE SON CONSIDERADOS PARA ELEGIR UNA UNIVERSIDAD: UN ANÁLISIS FACTORIAL	Carmina Sara Moreno Morales, Jorge Luis García Alcaraz, Aidé Araceli Maldonado Macías	Educación	Moreno Morales	340
EDUCACION AMBIENTAL INMERSA EN LA TRANSVERSALIDAD DE LA INGENIERIA UNIVERSITARIA. (UV)	DRA. TERESITA DE J. OLIVARES SILVA, MTRA. VERÓNICA GARCÍA VALENZUELA	Educación	Olivares Silva	348
Desarrollo de una propuesta analítica conjunta de los sistemas de producción PUSH y PULL con el PROMODEL en un proceso mecanizado de auto lavado	M.C. Jesús Gonzalo Palacios Valerio, M.A. Mario Ramírez Barrera, M.A. Jorge Valenzuela Corral, Ing. Jorge Cano Ramírez	Producción	Palacios	360
Aplicación del sistema SMED para reducir tiempos de ajustes en la producción de un componente automotriz	M.C. Jesús Gonzalo Palacios Valerio, M.A. Jorge Valenzuela Corral, M.A. Mario Ramírez Barrera	Lean SMED	Palacios	354
Aplicación de la Metodología de Seis Sigma en la Mejora del Proceso de Termoformado de Tubos de Nylon con Aire Comprimido a Alta Temperatura	Dr. Jorge Pedrozo Escobedo, M.C. Simon Ayala Ramirez	Industrial	Pedrozo	366
Selección de la Mejor Política de Mantenimiento en Células de Manufactura Flexibles a Través del Diseño Axiomático	Dr. Jorge Pedrozo Escobedo, Dra. Aide Aracely Maldonado Macias, Dr. César Omar Balderrama Armendáriz	Industrial	Pedrozo	372
MODELO DEL TAMAÑO DE LOTE CAPACITADO CON TIEMPOS DE SETUP MULTI-PERIODO APLICADO AL PROBLEMA DE ASIGNACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN MÁQUINAS MOLDEADORAS DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO	Ing. David Oliver Pérez Olguín, M.C. Consuelo Catalina Fernández Gaxiola, Dr. Iván Juan Carlos Pérez Olguín	Inv. Ops	Pérez Olguín	378
Técnicas de Solución de Problemas en la Toma de Decisiones	Ing. Claudia Janeth Pérez Sotelo, Dr. Alfonso Aldape Alamillo, Ing. Ileana Cristina Márquez Márquez, Ing. Myriam Caballero Rubio	Ing.Adm.	Pérez Sotelo	383
Aplicación de la técnica Despliegue de la Función de Calidad QFD en una IES.	M.C. Eduardo Rafael Poblano Ojinaga, M.C. Beatriz Elizabeth Padilla Martinez, M.A. Ana Ernestina Poblano Ojinaga, Ing. Ana Abigail Adame Gutiérrez	Ing. adm	Poblano	387
Uso de la metodología Six Sigma para la reducción de costos de fabricación, Caso :Empresa manufacturera de la región Lagunera.	M.C. EDUARDO RAFAEL POBLANO OJINAGA, M.C. VICTOR FLORES, M.C. FRANCISCO AGUSTIN POBLANO OJINAGA, M.C. ROBERTO RAMIREZ LOPEZ	Industrial	Poblano	393
APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS BASICAS DE LEAN MANUFACTURING	Ing. Mario Ramírez Barrera y Athenea Núñez Sifuentes	Lean	Ramírez Barrera	399
Uso del análisis de regresión para el Mejoramiento Continuo	M.C. Manuel Jesús Reyes Méndez, Dr. Manuel Rodríguez Medina	Industrial	Reyes	405
ANÁLISIS MULTI-CRITERIO PARA LA SELECCIÓN DE PROVEEDORES APLICANDO LA TÉCNICA TOPSIS	Denisse Gabriela Rivera Mojica, Gabriel Isaac Siller Orozco, Jorge Luis García Alcaraz	Industrial	Rivera Mojica Denisse	411
EVALUACIÓN MULTICRITERIO Y MULTIATRIBUTOS PARA SELECCIÓN Y PRIORIZACION DE PROYECTOS MEDIANTE TECNICA TOPSIS	Lizeth Rivera Mojica, Jorge Luis García Alcaraz	Gestión proyectos	Rivera Mojica Lizeth	418
Disminución del Tiempo de Cambio de Molde en Máquina de Inyección de Plástico Mediante la Aplicación de SMED	M.C. José Luis Rodríguez Álvarez, M.C. Gerardo Grijalva Avila, M.C. Arturo Soto Soto, M.C. Arturo Soto Cabral	Industrial	Rodríguez Álvarez	432
Determinación de los Parámetros Óptimos Para el Proceso de Confitado de Manzana Mediante un DOE	M.C. José Luis Rodríguez Álvarez, Ing. Sara Angélica Rodríguez Álvarez, M.C. Gerardo Grijalva Avila, Dr. Manuel Román Piña Monarrez	Estadística	Rodríguez Álvarez	424
Un modelo bayesiano para pruebas de vida acelerada mediante el uso de una variable latente	Dr. Manuel Arnoldo Rodriguez Medina, MC Manuel Iván Rodríguez Borbón	Confiabilidad	Rodríguez Medina	439

Título	Autores	Área	Primer autor	Página
Modelo de Suavización de Ponderaciones en la Toma de Decisiones Multicriterio	M.C. Manuel Alonso Rodríguez-Morachis, Dr. Humberto Hijar-Rivera e Ing. Luis Noé Rodríguez-Romero	Industrial	Rodríguez Morachis	444
Implementación del Control Estadístico de Calidad en el proceso de fabricación del Hilo Calibre 1/18 en una empresa Textil Poblana	Dr. Luis Cuautle Gutiérrez, Ing. Rosa Velia Rodríguez Ríos, Ing. Marytere Tlalmis Vázquez.	Estadística	Rodríguez Ríos	451
Conteo de objetos dinámicos en líquidos mediante seguimiento de rutas	MC Dora Aydee Rodríguez Vega, MC Abraham Briseño Cerón, Dr. José Víctor Núñez Nalda, MCP Víctor Manuel Rodríguez Velázquez	Automatización y robótica	Rodríguez Vega	457
Desarrollo financiero y crecimiento económico en América Latina: Análisis de causalidad	MCE Cely Celene Ronquillo Chávez y Dra Christine Carton Madura	Economía Administración	Ronquillo	463
PROPUESTA ERGONÓMICA Y ANÁLISIS DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS EN ESTACION DE ENSAMBLE PARA REDUCIR EL TIEMPO ESTÁNDAR	Ing. Jesús Eduardo Ruiz-Martínez, Dra. Aide A. Maldonado Macías, M.C. Luz Elena Tarango Hernández, Dr. Alfonso Aldape	Industrial	Ruiz Martínez	470
UTILIDAD DEL USO DEL SISTEMA CAD-CAM EN PROCESOS DE MANQUINADOS QUE REQUIERE DISEÑO Y ELABORACION DE PIEZAS	M.C. MIRIAM MARGARITA RUIZ SANCHEZ, ING. JOSE TORRES CANTERO, ING. MARIA DEL SOCORRO BATISTA VEGA	Industrial	Ruiz Sánchez	476
HOJA DE CALCULO PARA DETERMINACION DE ESTANDARES	Miguel Sáenz Beltrán, Oscar Carrizales Medina	Industrial	Sáenz Beltrán	481
DISEÑO DE UN FORMATO EN EXCEL PARA TOMA DE TIEMPOS UTILIZANDO CRONOMETRO	Miguel Ángel Sáenz Beltrán, Norberto Carrizales Medina	Industrial	Sáenz Beltrán	487
Kaizen en Producción-Compras	M.C. JESUS SALINAS CORONADO, M.I. JULIAN ISRAEL AGUILAR DUQUE, DR. ADAN VALLES CHAVEZ, M.C. JORGE LIMON ROMERO	Industrial	Salinas	493
La calculadora en la solución de una ecuación diferencial	M.C René Saucedo Silva, M.C Héctor Javier Herrera Serrano	Educación	Saucedo Silva	499
Tecnología de información como herramienta de comunicación: Implementación de recorridos virtuales	MTI. Ismaylia Saucedo Ugalde, M.C. Abraham Briseño Cerón, Mariana Moraila Elías y Wilfredo Díaz Carpio	TICS	Saucedo Ugalde	519
Diseño de un programa de estudios basado en círculos de calidad para disminuir el alto índice de reprobación en el tronco común de la Facultad de Ingeniería y Negocios de la Universidad Autónoma de Baja California	Ing. Eva Verónica Solaiza Guevara, M.C.A. Velia Verónica Ferreiro Martínez, M.C. Carlos Alberto Chávez Guzmán	Educación	Solaiza	504
La comunicación como habilidad clave de un líder	MA Ludovico Soto Nogueira, MCI Javier A. Lom Holguín	Administración	Soto Nogueira	510
AHORRO DE ENERGIA EN EL EDIFICIO A Y C DE LA UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE CIUDAD JUAREZ	Ing. José Torres Cantero, Ing. María del Socorro Batista Vega, M.C. Miriam Margarita Ruiz Sánchez	Energía	Torres	525
Evaluación de Herramientas Probadoras Mediante la Técnica de Estudios R&R	Ing. Armando Trejo Burgos, Dr. Jaime Sánchez Leal	Estadística	Trejo Burgos	515
Modelo de Enseñanza competitivo de estadística apoyado por el uso del programa Excel	Dr. Javier Ventura Urbina Alvarez	Educación	Urbina	532
MEJORA EN EL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE MATERIALES EN UNA EMPRESA MANUFACUTERA DE PRODUCTOS MÉDICOS	Dr. Adán Valles Chavez, Ing. Rosendo Alcantara, Ing. Javier Iván Torres García	Industrial	Valles Chávez	563
ESTILOS DE LIDERAZGO SITUACIONAL EN TUTORES DE UNA ESCUELA DE EDUCACIÓN SUPERIOR	Lic. Ana Patricia Valles Vizcarra, M.C. Luz Elena Tarango Hernández, Dr. Alfonso Aldape Alamillo	Factor humano/ergo	Valles Vizcarra	558
Aplicación de Workplace Organization en el área Fel Welding de una empresa fabricante de componentes agrícolas	Dr. Sabino Velázquez Trujillo, Dr. Elías Neftalí Escobar Gómez, Ing. José del Carmen Vázquez Hernández y Paul Michel Mora Estrada	Industrial	Velázquez Trujillo	552
Fabricación de biodiesel para uso en maquinaria agrícola	Adrián Vidal, Raúl Yepez, Ma. Remedios Mendoza López y Oscar García Barradas	Tec y mejora	Vidal	572

Título	Autores	Área	Primer autor	Página
Determinación del nivel de conocimiento de economía en las familias de los estudiantes del Instituto Tecnológico de Matamoros, Tam	MA. Alejandro Villafáñez Zamudio, MAE Corina Guillermina Ocegueda Mercado, MAE Elsa Delgado Cázares, MAE Patricia Vázquez Zárate	Factor humano/ergo	Villafáñez	546
TEMPLE SUPERFICIAL DEL ACERO AISI-SAE 1045 MEDIANTE LÁSER DIODO	M.C. Manuela Alejandra Zalapa Garibay, Dr. Simón Yobanny Reyes López, M. C. David Cortés Sáenz	Tec y mejora	Zalapa	538

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

Explorando el proceso de selección de una propuesta de diseño

Juan Manuel Madrid Solórzano[1] y Rutilio García Pereyra[2]

Resumen **– El presente estudio se plantea como objetivo identificar los factores que intervinieron en la toma de decisión de un grupo de boleros para elegir una propuesta de diseño, una estación de boleros, de un total de 21 proyectos presentados por alumnos de diseño industrial. El estudio del desarrollo de la evaluación de las propuestas por parte de los boleros se construye a partir del enfoque teórico de las neurociencias cognitivas. La exploración sugiere que fueron tres los factores que influyeron en el proceso: el miedo, el estrés y la imitación. Por último, se propone un modelo neuropsicológico de selección de propuestas de diseño.**

Palabras clave **– Diseño industrial, Emociones, Imitación, Percepción, Toma de decisiones.**

Introducción

Una asociación de boleros en Ciudad Juárez, Chihuahua, denominada Unión de Boleros Independientes (UBI), solicito apoyo al Programa Educativo de Diseño Industrial, de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, para el diseño de una estación de trabajo. El Programa Educativo y los líderes de la UBI tomaron el acuerdo de que los alumnos de niveles intermedio y avanzado participarán en el desarrollo del proyecto, en forma individual o grupal. Se nombro a ocho representantes de los 22 que conforman la asociación para exponer sus expectativas del diseño en una primera reunión con los alumnos participantes, estos últimos realizaron un sondeo de las necesidades y posteriormente realizaron actividades de investigación en campo, entrevistas, cuestionarios, investigación de productos similares y filmaciones de los boleros trabajando. En el proceso de investigación concluyeron los alumnos, en su mayoría, que el diseño debería cumplir con tres características; primero, que el diseño los identificará de las demás asociaciones de boleros ya establecidos como fijos. Segundo, que la apariencia del diseño no contrastara con la imagen propuesta de remodelación del primer cuadro de la ciudad por parte del gobierno local y por último, que el diseño permitiera facilidad de transportación así como comodidad de colocarlo fijo en un lugar, protegiéndolos del sol, lluvia y viento, denominándolo como "móvil-fija". En la figura uno se muestra varias fotos de productos similares. En la imagen (1a), ver figura 1, se observa una propuesta dibujada a mano, durante la reunión previa a la investigación de campo, por uno de los representantes de la UBI. En la imagen (1b), de la figura 1, se puede ver el producto con el que actualmente cuentan la UBI. En las imágenes (1c) y (1d), ver figura 1, se presentan modelos que son estaciones fijas que predominan en otras asociaciones de boleros. En la imagen (1e), ver figura 1, se observa una estación a utilizada por uno de los integrantes de la UBI que presenta dificultades para su movilidad, por el peso, falta de estabilidad y el tipo de ruedas, además cuenta con descanso o posa pies, que se encuentran fijos. Los alumnos entregaron un total de 21 proyectos, que fueron sometidos a un proceso de selección de propuestas de diseño (PSPD) por parte de los 22 boleros y fue llevado a cabo en las instalaciones de su asociación. Este proceso de selección fue realizado en dos sesiones en el transcurso de una semana, cada sesión de dos horas aproximadamente. El proceso consistió en presentar cada una de las propuestas ante los 22 boleros. Un maestro del programa educativo participó como observador y no realizó comentario alguno para no influir en la selección, su intervención solo sería necesaria para dudas técnicas de interpretación en planos técnicos, pero no fue necesario por que los boleros, en su mayoría, se enfocaron a observar las imágenes digitalizadas y ambientadas, como se muestran en la figura dos. En la primera sesión se descartaron ocho propuestas. En la segunda sesión se sometió nuevamente al PSPD con las 13 restantes. Después de analizar nuevamente las propuestas llegaron a la conclusión que el diseño que cumpliría con las expectativas es la que se muestra en la imagen (2f), ver figura 2. Esta propuesta posteriormente tuvo que ser sometida a modificaciones para el desarrollo del prototipo porque presentaba fallas en los mecanismos de rodamiento y posa pies. El prototipo final con las modificaciones mencionadas se indica en la figura tres.

El proceso de tomar decisiones

El proceso de tomar decisiones es originado por tres factores que interactúan entre si, que son el cognitivo, sociocultural y el situacional (Mycroft, 2004; Gutnik, 2006). El primer factor es nuestro patrimonio genético. Son los principios o sistemas aprendidos de interpretación capaces de atribuirle un valor y significado a los objetos e imágenes. El proceso cognitivo asigna variedad de interpretaciones y significados a partir de los atributos físicos de un objeto: forma, textura, dimensión, gráficos, colores, dirección, agrupamientos de signos, entre otros (Arias, 2004; Humphrey, 1992; Maycroft, 2004).

[1] Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial, profesor del programa de diseño industrial en el Instituto de Arquitectura, Diseño y Arte (IADA) de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ). jmadrid@uacj.mx (**autor corresponsal**)

[2] Doctor en Humanidades, con especialidad en estudio de las tradiciones; profesor-investigador del programa de diseño gráfico en el IADA de la UACJ. rgarcia@uacj.mx

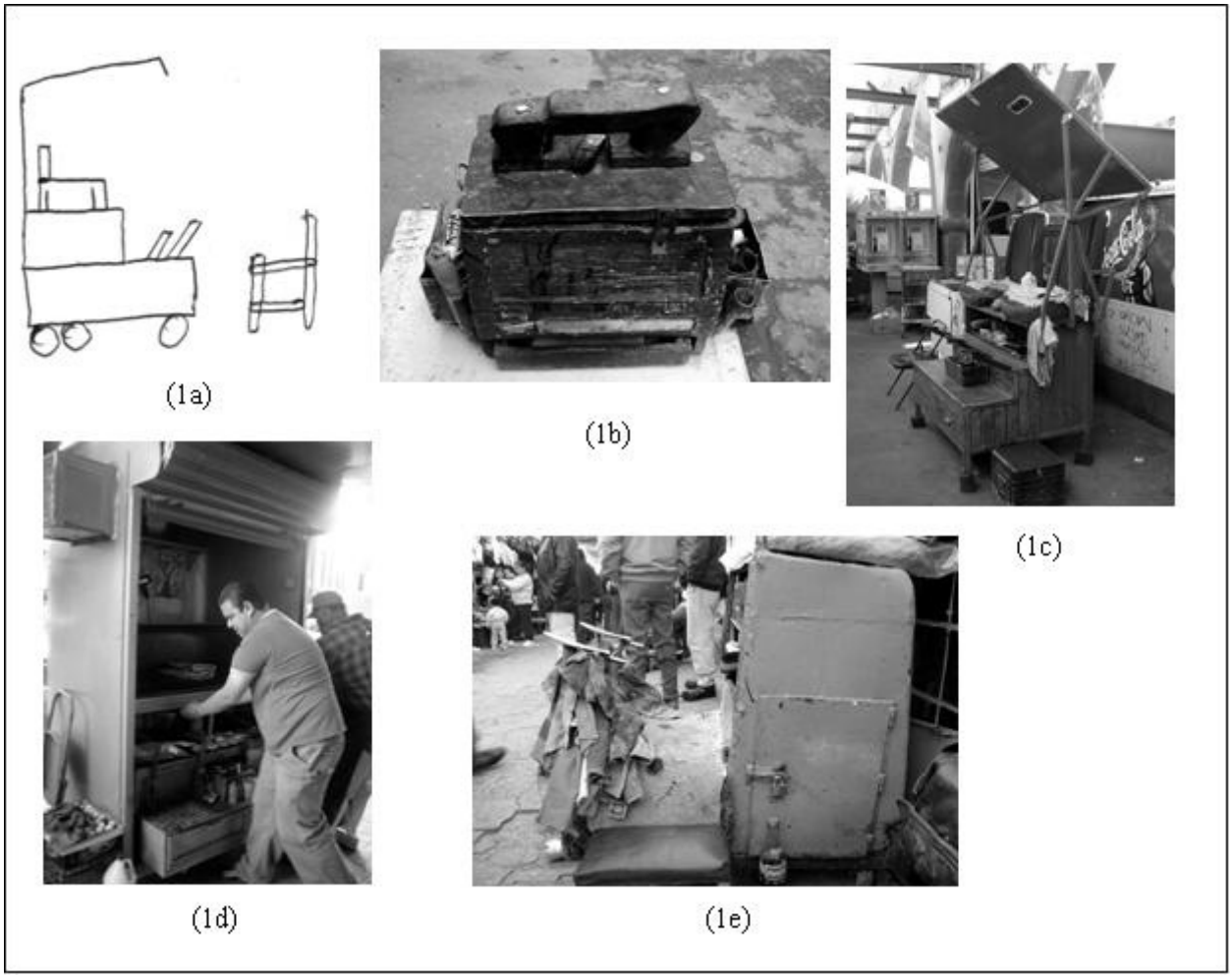


Figura 1. Producto propuesto y ejemplos de productos similares.

El factor sociocultural son los arquetipos religiosos, políticos, históricos, familiares, laborales, etc., que contribuyen a construir, modificar o confirmar símbolos o significados existentes en el cognitivo (Greenspan, 2006). Un objeto en una sociedad, en una primera fase, adquiere un significado de uso porque obedece a satisfacer necesidades fisiológicas y de seguridad, en una siguiente fase significa solución o modificación de una situación cotidiana; con la suma de estos significados la apariencia visual de un objeto es reconocido y definido, es decir, se convierte en un símbolo, expresa para lo que sirve. El sentido simbólico atribuido comprende un amplio bagaje de creencias y de posiciones ideológicas de quien lo posee. Si la forma del objeto resulta de la funcionalidad, podríamos afirmar que esta permanece inalterable en su estructura, sin embargo, cuando se añaden otros objetos como imágenes impresas, por ejemplo motivos religiosos, se construye paulatinamente su carácter simbólico, por tanto, adquiere plus a su significación (Llovet, , 1981; Moles, 1975; Magariños, 2008). En este sentido explicamos que la estación de boleros cubre una necesidad porque fue diseñado para utilizarlo como herramienta de trabajo, sin embargo, las creencias de su poseedor juegan un papel de suma importancia pues puede decidir que otros objetos agregados a la estación le darán protección contra lo inesperado o bien le traerán "buena suerte" por la abundancia de usuarios que demanden el servicio de lustre para su calzado. Umberto Eco afirma que podemos hablar de cultura cuando la función del objeto es definida por un ser pensante. Esta premisa cultural, de acuerdo con Eco, lleva a establecer un sistema de significación que contribuye a la conceptualización del uso del objeto y una vez establecida "ésta se convierte en el signo concreto de su uso virtual" (Eco, 1985). Si observamos a la estación de boleros como un texto debemos entender por tanto que posee un discurso social, de tal forma que explicado desde la semiótica, aporta la metodología para precisar su producción y la interpretación de su significación. El texto por si mismo posee significado y es susceptible de lectura por el receptor, de tal suerte que, "el texto se transforma en discurso entendiendo por "discurso": un texto semantizado, y por "texto": un discurso desemantizado" (Magariños, 2008). Por una parte, permite establecer el significado del objeto a partir de su modelo estructural, por otra parte, la riqueza que aporta la semiótica es en su análisis simbólico y el significado tácito que el poseedor del objeto (estación de boleros) le asigna al incorporar otros elementos significativos que bien pueden ser imágenes, color y posición de la estación, todo ello de acuerdo a un conjunto de creencias e ideología, de tal suerte que la significación o la riqueza de la misma se genera por la interacción humana.

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

Figura 2. Seis propuestas desarrolladas por alumnos.

El último factor es el situacional o contextual que se manifiesta ante el individuo para realizar juicios; los elementos que lo forman son el clima, la información y tiempo disponible (Heinze, 2001; Rodríguez y Ramírez, 2004). Por ejemplo, algunas personas toman pocos minutos para tomar una decisión y otros necesitan más tiempo para resolver una decisión, analizando la información desde el principio al fin. Hay personas que cuando se enfrentan a una decisión compleja, lo hacen mejor cuando no analizan las opciones concientemente y se rigen por sus instintos (Douglas, 2007).

Los últimos dos factores forman el espacio en donde se genera la comunicación de palabras e imágenes, se debaten ideas y se retroalimenta o modifican al cognitivo. Con estos tres factores, los individuos tienen habilidad para realizar juicios de una manera lógica y empírica, al juntar y priorizar la información, pero existen agentes que ocasionan ruido a dicha habilidad. Investigaciones realizadas en Universidades de Estados Unidos, revelan que las personas presentan temor a tomar decisiones. El miedo origina una anticipación imaginativa de consecuencias negativas, condicionando a tomar decisiones con limitantes que buscan minimizar perdidas sacrificando ganancias.

Figura 3. Prototipo final de la estación de boleros fijo-móvil.

El miedo puede ser ocasionado por contar con muchas alternativas para tomar una decisión, porque se requiere de mayor demanda de tiempo y habilidad para procesar la información, resultando un proceso confuso, que orilla a las personas a desarrollar dos tipos de habilidades en el procesamiento de información. La primera es tomar decisiones imitando lo que las autoridades hacen. Los pensamientos son influenciados por la presión social, a través de figuras de autoridad, por ejemplo, jefes, artistas, políticos, líderes de grupo, personas con experiencia, entre otros. La segunda es permitir el "efecto de gancho", que es un extraño hábito de sujetarse a hechos y figuras a veces arbitrarias o irrelevantes exhibidas al usuario. Es decir, un acto apresurado cuando se requiere hacer una decisión basada en información limitada y/o reducida habilidad para expresar lo que se desea con palabras (Douglas, 2007).

En situaciones en donde las decisiones deben ser hechas rápidamente, con información parcial de poca confianza y con niveles de estrés elevados, a menudo presentan menos probabilidades de error que cuando se dispone del tiempo suficiente, información completa y niveles de estrés bajo. Así pues, contar con periodos de tiempo de respuestas largos origina muchas más alternativas de decisión, volviéndose un proceso más complejo. Así lo demuestra la investigación realizada a enfermeras atendiendo llamadas de urgencias, en donde se estudiaron tres casos. El primer caso, en situaciones de alto estrés y un periodo de tiempo de respuesta corto. El segundo caso, situaciones donde el nivel de estrés es moderado y un periodo de tiempo de respuesta más largo y por último, en un nivel de estrés bajo y un periodo de tiempo de respuesta mucho más largo. En el primer caso las enfermeras presentaron decisiones precisas. El segundo caso se tomaron más decisiones erróneas que en la primera y en el ultimo caso se tomaron decisiones con menos errores que en la segunda pero con mayor numero de errores que en la primera (Gutnik, 2006). Un periodo de tiempo corto para tomar una decisión, el grado de confiabilidad y la disponibilidad de la información son factores situacionales.

Análisis del PSPD

En el PSPD se observaron dos etapas. La primera consistió en la predicción de eventos futuros exitosos a partir de la comunicación entre los boleros de las vivencias y emociones con objetos similares y/o el material de fabricación percibida en la mayoría de las propuestas. Por ejemplo, el análisis de la propuesta de la imagen (2d), ver figura 2, provocó recuerdos y emociones agradables de la historia de las carretas en Ciudad Juárez, que los integrantes de mayor edad experimentaron. La utilidad y la preferencia por la madera como material de construcción se observó notablemente. Varios integrantes de la UBI realzaron la utilidad de esta propuesta como "móvil-fija", comentaron que por la apariencia podría ser utilizada en el interior de centros comerciales y apropiada para la nueva imagen que se requiere para el primer cuadro de la ciudad. En ese momento, la propuesta (2d) parecía ser la que cumplía con las expectativas.

Sin embargo, posteriormente, la predicción de eventos futuros agradables, pasaron a una segunda etapa de imágenes de fracasos. Expresando cambios en las costumbres y hábitos de trabajo actuales, falta de espacios para guardar herramientas de trabajo, la apariencia no seria bien percibida por los clientes jóvenes (al ser considerada muy antigua), costos de fabricación elevados, complicaciones para personas de la tercera edad, dificultad para su transportación "móvil-fija" y problemas para el resguardo en los lugares habituales de almacenamiento, etc.

Es así como, en general, las trece propuestas en su mayoría fueron analizadas en estas dos etapas. En el análisis de la propuesta ganadora (Ver imagen (2f), figura 2) no surgieron tantos comentarios de vivencias pasadas, pero la mayoría de los boleros realizaron predicciones de eventos futuros agradables, por ejemplo, fácil transportación, buena percepción por clientes jóvenes y personas de la tercera edad, comodidad para sentarse, posibilidad de uso en centros comerciales y suficiente espacio para colocar pinturas y herramientas de trabajo. El miedo al cambio en los hábitos laborales, condiciones de trabajo y una mala percepción por los clientes jóvenes, fueron imágenes de miedo que originaron la tendencia a elegir una propuesta como el de la imagen (2f), que estaba en su memoria grabada, por ser algo muy similar a lo que se conocía (Ver figura 1, imágenes (1a) y (1e)). Es importante mencionar que muchas de las predicciones sobre el mal funcionamiento de otras propuestas diferentes a la ganadora, no estaban justificados, porque la propuesta ganadora, posterior a su selección, se introdujeron varias modificaciones para lograr su funcionalidad y obtener un costo menor de fabricación, de igual forma pudo haber sucedido con la propuesta rechazada (Ver imagen (2d), figura 2).

El factor situacional hizo su aparición con las condiciones que se dieron para realizar juicios, como fue la variedad de alternativas a elegir que requería de una habilidad mental mayor a lo cotidiano en un periodo de tiempo que la mayoría de los boleros no quisieron asumir por miedo o por estrés que esto ocasionaba, de tal suerte que, la propuesta presentada por uno de los boleros, en la entrevista previa a la investigación de campo (observar imagen (1a), ver figura 1), probablemente provocó el efecto gancho en la mayoría de ellos. Estos comportamientos, imitación y efecto gancho, pueden estar relacionados con nuestro mecanismo neuronal. Recientes avances a través de neuro-imágenes, en monos macacos y seres humanos, sugieren que cada cosa que nosotros vemos que alguien hace, nosotros tendemos a imitarlo, con el fin de evitar consumo de tiempo y un sistema de aprendizaje a prueba y error (Lacoboni, 2005; Brass, 2005). Estas neuronas parecen ser la clave del entendimiento de cómo establecemos relaciones al visualizar e interactuar con objetos, personas e inclusive la imitación de las expresiones emocionales (Dobbs, 2000).

Modelo neuropsicológico del PSPD y conclusiones

Con el marco teórico descrito y la experiencia obtenida con la UBI se propone el siguiente modelo neuropsicológico de selección de propuestas de diseño. Este modelo expone que el consumidor cuenta con un estado mental en donde almacena un número finito de símbolos que le permiten reconocer y asignar significados a los atributos físicos percibidos de la imagen de un objeto. Los símbolos son construidos a partir de otros símbolos que descansan en los atributos físicos de tres tipos de objetos almacenados en la memoria: los existentes, similares y afectivos. Los primeros son aquellos que están disponibles al usuario en tiempo presente. En el caso de los boleros son las cajas de madera tradicional y de algún otro material, como se muestran en las imágenes (1b), (1c), (1d) y (1e), estos símbolos están relacionados con la funcionalidad del producto. Los similares son objetos diferentes a los que se tienen actualmente y cumplen con la misma función, es lo que le gustaría tener, ver las imágenes (1c), (1d) y (1e); es aquí en donde los atributos físicos de éstos están posicionados en la mente del individuo como íconos, un ícono es un símbolo capaz de comunicar una idea directamente a la mente, sin ser subjetivo. Los afectivos son aquellos objetos de recuerdos de antaño, familiares, entre otros que formaron parte de su vida cotidiana, que en el caso de los boleros recordaron el uso de las carretas y otros artículos hechos de madera (Crilly, 2004; Aguado, 2003, Llinás, 2003, Norman, 2004).

Pero de todos estos símbolos mencionados que forman el estado mental del usuario, sólo unos cuántos pasarán a formar parte del proceso cognitivo para realizar la toma de decisión de seleccionar una propuesta de diseño; este proceso de selección y priorización de los símbolos estará a cargo de dos tipos de emociones, el miedo y el estrés.

Los estímulos provenientes de la sociedad o del contexto bajo las cuales se realiza un PSPD pueden alterar los símbolos o íconos agradables surgidos en la mente, en desfavorables. Se menciona que la memoria puede dividirse en dos funciones, corto y largo plazo, si lo anterior se da por hecho, se puede decir que en la memoria de largo plazo es donde el usuario de un producto almacena el conocimiento previo o experiencias, que son la fuente de referencia para ser procesados, priorizados y analizados en la memoria a corto plazo, construyendo así una respuesta o decisión y es en ésta última en donde el factor miedo y el estrés pueden ocasionar estragos que resulta en una toma de decisión por imitación (Purcell, 1998). La imitación es un recurso que utiliza la memoria a corto plazo, cuando el miedo al fracaso se presenta y/o el proceso cognitivo requiere de una mayor habilidad para procesar los estímulos externos, por lo que se toma la alternativa de imitar por que 1) imitar es fácil, ahorra tiempo y esfuerzo, 2) imitar es seguro: la versión que se tiene o la anterior realiza lo que se requiere y se puede confiar en que la copia cumplirá por lo menos tan bien como ella y 3) que la imitación crea objetos que están de acuerdo con lo que la gente espera: la versión anterior ha sentado el estándar para el aspecto que el diseño debería tener, y la copia termina ostentando un aspecto confortablemente familiar (Humphrey, 1992).

Las presiones ejercidas por autoridades, normas, políticas, tiempo de realización y entrega del proyecto, costos, factores climáticos, confiabilidad de información, usos y costumbres de la sociedad, recuerdos, entre otros, pueden ser considerados componentes que ocasionan estrés y esta emoción altera la habilidad de procesar la información en la memoria. El estrés afecta una parte cerebral llamada hipocampo. En esta área se concentra la mayoría de los procesos de aprendizaje y de memoria y bajo condiciones de estrés se generan altos contenidos de glucocorticoides – almacenados en la región del hipocampo – que pueden reducir el volumen hipocampal provocando alteraciones en la memoria, sistema inmunológico, endocrino y la formación de huesos (Heinze, 2001).

Por último, en forma de conclusión, podemos establecer la siguiente recomendación para proyectar el concepto de un producto: la apariencia del producto deberá estar determinado por la fusión de los atributos físicos de objetos existentes, similares y afectivos. Es importante mencionar que este modelo debe ser puesto a comprobación, así como estudiar más procesos de selección de propuestos de diseño en donde se presenten otros contextos, por ejemplo, otro nivel sociocultural del consumidor, presentación de menor número de propuestas al usuario, entre otros.

Referencias

Aguado, J. L. C. y Bujdud, J. M. "El color en la vida del hombre", *Conversus*, No. 26, 2003.

Arias D. L. "Iconos, figuras, sueños hermenéutica de las imágenes", Siglo veintiuno, 2004, pp.34-55.

Brass, M. y Heyes, C. "Imitation: is cognitive neuroscience solving the correspondence problem?," *TRENDS in Cognitive Sciences*, Vol. 9, No. 10, 2005.

Crilly, N., Moultrie, J. y Clarkson, J. "Seeing things: consumer response to the visual domain in product design," *Design Studies* (En línea), Vol. 25, No. 6, 2004, consultada por Internet el 06 junio de 2007. Dirección en Internet: http://www.sciencedirect.com.

Dobbs, D. "A revealing reflection," *Scientific American Mind*, Vol. 17, No. 2, 2006.

Douglas, K. y Jones, D. "How to make better choices," The *New Scientist* (En línea), Vol. 194, No. 2602, 2007, consultada por Internet el 02 junio de 2007. Dirección en Internet: http://www.sciencedirect.com.

Eco, U. "Tratado de semiótica general", Lumen, 1985, 59-61.

Greenspan, S. & Shanker, S. G. "The First Idea: How Symbols, Language, And Intelligence Evolved From Our Primate Ancestors To Modern Humans," Da Capo Press, 2004, 17-40.

Forradellas, M. T. S. y Sarrió, D. R. "Memoria colectiva en los mercados financieros: de Halbwaches a los mapas autooganizativos de Kohonen", *Cuadernos del CIMBAGE*, No. 7, 2005.

Gutnik, L. A., Hakimzada, A. F., Yoskowitz, N. A. y Patel, V. L. "The role or emotion in decision-making: A cognitive neuroeconomic approach towards understanding sexual risk behavior," *Journal of Biomedical Informatics* (En línea), Vol. 39, No. 6, 2006, consultada por Internet el 07 Junio de 2007. Dirección en Internet: http://www.sciencedirect.com.

Heinze, G. "Mente-cerebro: sus señales y su repercusión en el sistema inmunológico", *Salud Mental*, Vol. 24, No. 1, 2001.

Humphrey, N. "Una historia de la mente", Gedisa, 1992, 25-78.

Lacoboni, M. "Neural mechanisms of imitation," *Current Opinión in Neurobiology* (En línea), Vol.15, No. 6, 2005, consultada por Internet el 02 Julio de 2007. Dirección en Internet: http://www.sciencedirect.com.

Llinás, R. R. "El cerebro y el mito del yo", Norma, 2003, 9-57.

Llovet, J. "Ideología y metodología del diseño", Gustavo Gilli, 1979, 12-13.

Magariños de Morentiín, J. "La semiótica de los bordes. Apuntes de metodología semiótica", Comunicarte, 2008, 29-33.

Maycroft, N. "The objectness of everyday life: disburdenment or engagement?," *Geoforum* (En línea), Vol. 35, No. 6, 2004, consultada por Internet el 05 Julio de 2007. Dirección en Internet: http://www.sciencedirect.com.

Moles, A. "Teoría de los objetos". Gustavo Gilli, 1975, 12-17.

Norman, D. A. "Emotional Design," Basic Books, 2004, 3-13.

Purcell, A. T. y Gero, J. S. "Drawings and the design process," *Design Studies* (En línea), Vol. 19, No. 4, 1998, consultada por Internet el 02 Julio de 2007. Dirección en Internet: http://www.sciencedirect.com.

Rivera, M. E. "Percepción y significado del color en diferentes grupos sociales", *Comunicación Visual,* No. 53, 2001.

Rodríguez, M. y Ramírez, P. "Psicología del mexicano en el trabajo", McGraw-Hill, 2004, 1-35.

PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE SOFTWARE DE EVALUACIÓN ERGONÓMICA PARA LA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA DE MANUFACTURA AVANZADA

[1,2]Aide Maldonado-Macías, [1]Luis Guillén-Anaya, [1]Luis Barrón-Díaz, [1]Jorge Luis García-Alcaraz

Resumen— **En este trabajo se presenta una propuesta para el diseño de un software para la evaluación sistemática de la compatibilidad ergonómica en la selección de Tecnología de Manufactura Avanzada (TMA). El objetivo general es estructurar y describir las etapas de diseño del software basado en el Modelo de Evaluación Ergonómica para la Selección de TMA. Mediante este modelo se consigue la integración efectiva de atributos ergonómicos durante la adquisición de equipos de TMA. Tales atributos han sido obviados y subestimados en modelos actuales para la selección de esta tecnología, de tal forma que el software contribuirá a la aplicación más rápida y eficiente del modelo y a la toma de decisiones de manera más completa para el usuario final. La propuesta incluye 4 etapas de un proceso iterativo e incremental. El proceso utilizado en esta propuesta fue considerado útil y efectivo para el desarrollo de este producto de innovación tecnológica.**

***Palabras claves*—Diseño de Software, Compatibilidad Ergonómica, Tecnología de Manufactura Avanzada**

Introducción

La Tecnología de Manufactura Avanzada (TMA) se reconoce como uno de los recursos más valiosos para las compañías en su búsqueda de la competitividad a nivel mundial. La TMA es aquella generalmente relacionada con el uso de la computadora que puede estar involucrada en todas las etapas del proceso de manufactura de un producto; su diseño, fabricación y/o administración. Incluye típicamente tecnologías basadas en el uso de la computadora como las máquinas de control numérico por computadora (CNC), equipos y sistemas de diseño asistido por computadora (Computer Aided Manufacturing CAD), sistemas mediados por la computadora para almacenamiento de materiales, sistemas flexibles de manufactura, entre otros (Saraph y Sebastian, 1992). Esta tecnología experimenta cambios continuos, graduales pero también radicales por lo que en la industria son requeridas herramientas y estrategias para la apropiada selección de materiales, procesos, equipos y máquinas (Venkata, 2007). Comúnmente, los tomadores de decisiones enfrentan situaciones en las que es necesario planear, evaluar y seleccionar equipos entre una variedad de alternativas disponibles.

Otro aspecto importante es aquel que observa que la toma de decisiones con respecto a la evaluación y selección de TMA implica una numerosa variedad de aspectos que son difíciles de considerar en su totalidad. En los modelos actuales generados para este propósito se han utilizado aspectos principalmente de costo, técnicos y estratégicos para elegir la mejor alternativa. Sin embargo, han descuidado otros aspectos importantes como los son los ergonómicos y de seguridad. El Modelo de Evaluación de Compatibilidad Ergonómica (MECE) para la Selección de TMA fue propuesto por Maldonado-Macías (2009) para contribuir a esta necesidad e integrar los atributos ergonómicos en procesos de evaluación y selección de esta tecnología.

En este trabajo, se presenta una propuesta para desarrollar el Software de Evaluación Ergonómica para la Selección de TMA basado en el modelo antes mencionado. En esta propuesta, se busca conseguir el diseño de un sistema sencillo, entendible, eficaz y eficiente para el usuario del software. Este documento se conforma de seis partes, la primera es la Introducción, para luego tratar el Marco Teórico necesario para la propuesta, que incluye las bases del modelo de evaluación ergonómica y las teorías de desarrollo de software. Luego se tratará la Metodología para el desarrollo del software. Posteriormente se presentarán los resultados donde se describen las partes del software y su función. Finalmente se explican las conclusiones y recomendaciones del trabajo para finalizar con las referencias de la investigación.

Marco Teórico

En esta parte, se incluyen los fundamentos teóricos relevantes para el desarrollo de la propuesta. Primeramente, se presentan las bases del Modelo de Evaluación de Compatibilidad Ergonómica (MECE) propuesto por Maldonado (2008,2009a, 2009b), para luego explicar el apoyo teórico para el desarrollo del software.

Bases Teóricas del Modelo de Evaluación de Compatibilidad Ergonómica (MECE) para la Selección de Tecnología de Manufactura Avanzada

Para Karwowski (2005), la Ergonomía es una disciplina científica única e independiente que se enfoca en la naturaleza de las interacciones humano-artefacto de sistemas humano-compatibles y la subdisciplina llamada Simbatología se avoca al estudio de la compatibilidad de los sistemas humano-artefacto y proviene de dos vocablos griegos (Sinvatotis=compatibilidad) y (Logos=razonamiento acerca de algo). Es dentro de esta subdisciplina, donde se encuentra el estudio de la Compatibilidad Ergonómica (CE).

La CE es un constructo usado para propósitos del MECE y basado en los conceptos de compatibilidad entre el humano-sistema y el humano-artefacto presentados por Karwowski (1997, 2001, 2000, 2005). Además, la Teoría de Diseño Axiomático desarrollada por Suh (1990), la cual fue adaptada y extendida por Helander (1995, 2002) y adoptada por Karwowski (2001, 2005, 2006) para abordar aspectos ergonómicos en la tecnología, fue también utilizada para operacionalizar la obtención del Contenido de Incompatibilidad Ergonómica (CIE). Este indicador consigue medir de manera subjetiva la probabilidad de un diseño de TMA para satisfacer los requerimientos ergonómicos a partir del Axioma de Información mediante el cual se obtiene el CIE a partir de variables lingüísticas y escalas de tipo difuso. De acuerdo con Suh (1990), para evaluar un diseño dado, es necesario definir los Requerimientos Funcionales del diseño, así mismo debe establecerse el Rango de Diseño el cual representa lo deseable de un sistema o producto así como el Rango del Sistema el cual representa aquello con lo que el sistema o producto puede cumplir. El traslape entre estos dos rangos define una región llamada Area Común, mediante la cual puede obtenerse la probabilidad con la que determinado equipo puede satisfacer los requerimientos establecidos. De esta forma, el MECE propone cómo deben establecerse el área de Rango de Diseño (RD) denotado por el número triangular difuso (α,β,θ) y determinarse el área de Rango del Sistema (RS) denotado por el número triangular (a,b,c) para cada Atributo de Compatibilidad Ergonómica (ACE). La Figura 1 ejemplifica la obtención del Área Común. La Ecuación 1 define la obtención del Contenido de Incompatilidad Ergonómica para *i* atributos y *j* alternativas. La Ecuación 2 define la obtención del CIE afectado por el peso de acuerdo a la importancia asignada por los expertos para *i* atributos.

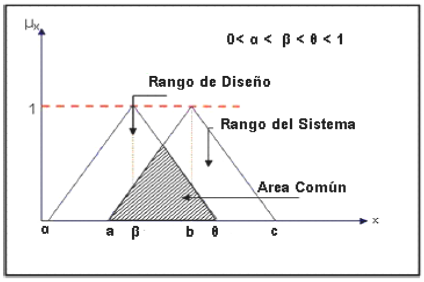


Figura 1. Rango de Diseño, Rango del Sistema y Área Común

$$CIE = \log_2 \frac{\text{Area de Rango de Sistema en Numero Triangular Difuso}}{\text{Area de Rango Comun}} \quad (1)$$

$$CIE\ con\ peso = \sum_{i=1}^{w} w_i\ CIE_i \quad (Valor\ del\ Contenido\ de\ Incompatibilidad\ Ergonómica\ con\ peso) \quad (2)$$

Descripción General del Modelo (MECE)

El modelo establece a partir de la literatura revisada y tomando como base a Corlett y Clark (1995) y Endsley (1993), aquellos Requerimientos Funcionales Ergonómicos (RFE) que la Tecnología de Manufactura Avanzada debe satisfacer. Así, fueron definidos los Atributos de Compatibilidad Ergonómica (ACE). Éstos fueron divididos en cinco atributos principales: compatibilidad con habilidad y entrenamiento (A11), compatibilidad con el espacio físico (A12), usabilidad (A13), requerimientos de emisiones de equipo (A14) y requerimientos organizacionales (A15). El atributo principal A11 incluye dos sub-atributos: compatibilidad con habilidad del usuario (A111) y compatibilidad con el entrenamiento (A121). El atributo principal A12 incluye cinco sub-atributos: acceso a máquina y claridades (A121), alcances humanos verticales y horizontales (A122), ajustabilidad del equipo (A123), confort postural (A124), trabajo físico y fuerza (A125). El atributo principal A13 incluye siete sub-atributos: diseño de los controles (A131), distribución física de los controles (A132), espacio visual de trabajo (A133), entendimiento y carga de información (A134), tolerancia al error de la interfaz (A135), funciones asignadas maquina-hombre (A136), diseño para mantenibilidad (A137). El atributo principal (A14) incluye cuatro sub-atributos: temperatura (A141), vibración (A142), ruido (A143), materiales de residuo (A144). Finalmente, el atributo principal (A15) incluye dos sub-atributos: ritmo de trabajo (A151) y contenido del trabajo (A152).

El Cuestionario de Evaluación de Compatibilidad Ergonómica (CECE) propuesto por Maldonado (2008, 2009) consigue recabar los datos de la evaluación de estos atributos y la asignación de importancia relativa de los mismos a partir de la participación de expertos. Tal evaluación aplica para la selección de alternativas de TMA cuyo propósito de manufactura sea similar. Para la asignación de la importancia de los atributos, el modelo utiliza la metodología del Proceso de Análisis Jerárquico (Analytic Hierachy Process, AHP) propuesto por Saaty (1980).

Requerimientos de calidad del software.

Según Pressman (2003), para lograr que los sistemas informáticos sean eficientes, es necesario cubrir ciertos aspectos de calidad, los cuales deben ser considerados desde el inicio del proceso. Algunos de ellos se indican a continuación:

- Mantenible: Debe ser posible que el software evolucione y que siga cumpliendo con sus especificaciones.
- Confiable: El software no debe causar daños físicos o económicos en el caso de fallos.
- Eficaz: El software no debe desperdiciar los recursos del sistema.
- Usable: El software debe contar con una interfaz de usuario adecuada y su documentación.

Metodología

La metodología desarrollada para la propuesta incluye las 4 etapas del modelo incremental. Las etapas de Análisis, Diseño, Código y Prueba. En el desarrollo del software se estructuraron el conjunto de actividades requeridas para desplegar un sistema de software, en este proceso se indica el "qué" se va a realizar, el "cuándo" y "como" se pretende cumplir un objetivo. A los pasos básicos dentro del proceso de desarrollo de software se les conoce como "Actividad", éstas actividades definen la lista de pasos a seguir para lograr un propósito. Los siguientes puntos son las actividades que son conocidas como "el ciclo de vida del software".

Comúnmente suele ocurrir que en el desarrollo del software no es posible diseñarlo en su totalidad debido a que se presentan cambios en el transcurso de su elaboración o bien se trate de un proyecto de investigación en el cual puede ser variable algún resultado, es por esto que el modelo incremental se adecúa a estos casos ya que se establecen las fases del desarrollo de software y una vez concluidas es posible se vuelva a iniciar con la primer etapa pudiendo tener varias iteraciones.

En el caso de la planeación del software TMA, se abordaron las siguientes etapas del proceso de desarrollo de software "incremental" propuesto por Pressman (2003), mostrado en la figura 1.

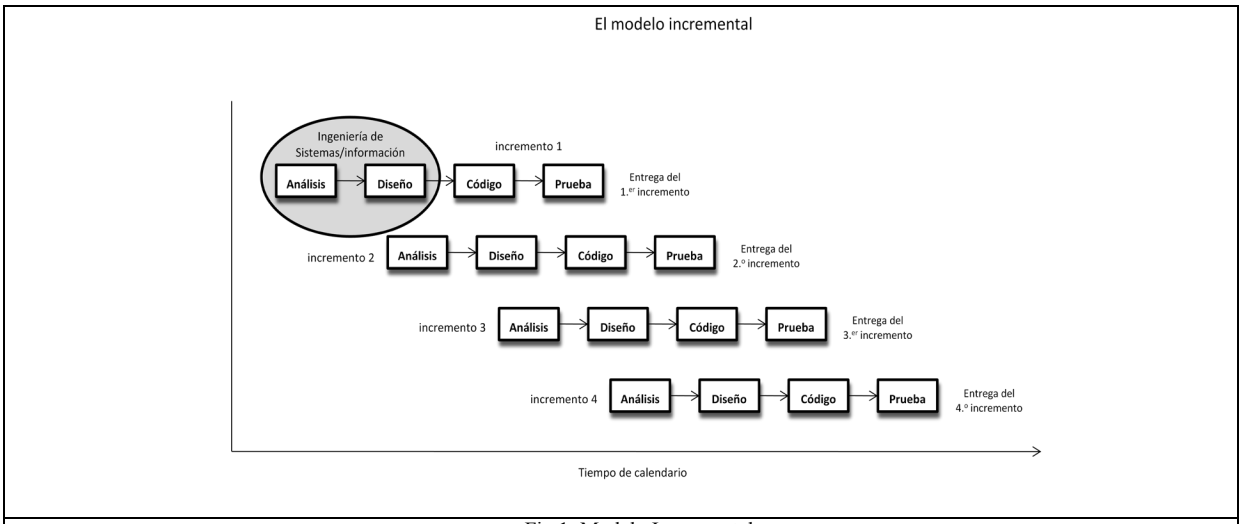


Fig.1. Modelo Incremental

A continuación se describen las etapas anteriores y el cómo se usaron para el desarrollo del proyecto:

- Análisis: Se debe definir qué es lo que el software debe hacer, cuáles son sus especificaciones de desarrollo. En esta etapa se describen por parte del usuario los requisitos del sistema los cuales describen la funcionalidad del mismo y la forma de interacción entre el usuario y la aplicación. En el caso del software para TMA, la fase de análisis consistió en analizar los requerimientos del cliente, en esta etapa se determinó que se necesitaba crear una base de datos para capturar y procesar la información de las empresas interesadas en el uso del software asi como de los equipos sometidos a evaluación. Se consideró la necesidad de tener pantallas para ingresar los datos generados de la evaluación de expertos y a su vez el modo de cómo iba a ser mostrado el resultado final. La parte más importante de este punto fue la de representar correctamente el modelo matemático propuesto para la selección TMA.

- Diseño: Producir un modelo en papel del sistema. Para el presente proyecto, se diseñó la estructura de la base de datos, las pantallas de captura, el modelo de casos de uso y todas las interfaces del usuario.
- Código: Se codifica el sistema diseñado. El código se desarrolló en lenguaje C+ dentro del ambiente de Visual Studio 2008® y para la parte de lógica difusa se usó el software Matlab 2010®, esta combinación permitió manejar las interfaces de usuario, la base de datos y a la vez hacer cálculos complejos de agregación y compilación basados en el Modelo de Evaluación de Compatibilidad Ergonómica (MECE).
  Prueba: Verificar que el software hace lo que el cliente pide. Para la fase de prueba se hicieron varias comparaciones entre el sistema y el método manual anteriormente usado, se validaron las áreas generadas de las funciones de membresía por los números triangulares difusos usando AutoCAD® contra los creados por el software, también los resultados obtenidos de la jerarquización de atributos contra los dados por el software Expert Choice®, por último se compararon los resultados finales obtenidos del sistema que arroja la mejor alternativa en la selección de TMA anteriormente propuesta, la cual consistía en hacer cálculos de forma manual y por separado.

Resultados

El diagrama de casos de uso basado en el modelo de Larman (2003), desarrollado para el sistema es el que se muestra en la Figura 2, en este diagrama se muestran las acciones que por parte del usuario puede realizar el sistema TMA, para cada una de estas se desarrolló un apartado en código para el sistema.

Basándose en el modelo anterior, para la etapa de Análisis se realizaron una serie de reuniones con el investigador a fin de conocer claramente el modelo de evaluación ergonómica para la selección de TMA, modelo que será dividido en partes para poder tener una retroalimentación efectiva en cada una de sus fases y asegurarnos que al concluir la aplicación no haya que corregir alguna parte que no se apegue al método.

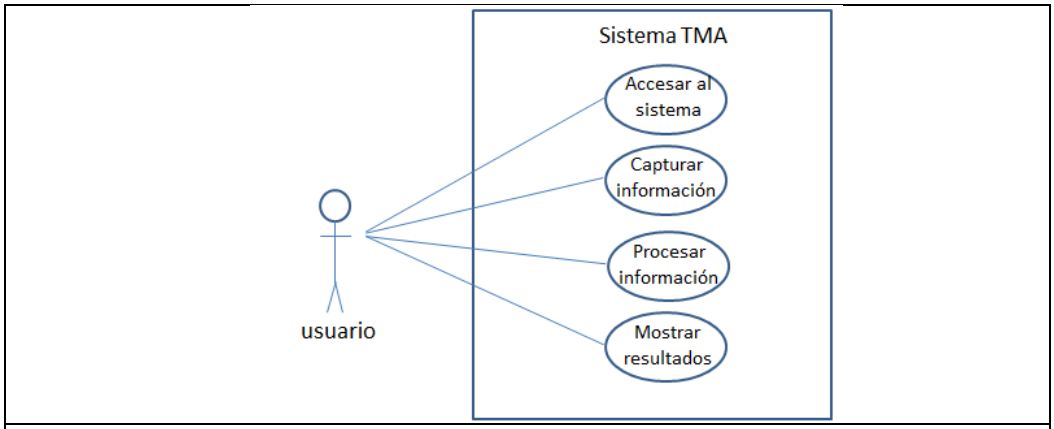


Fig. 2. Caso de uso del sistema TMA

La primera fase del desarrollo solo contempla la creación de un menú principal y los cuestionarios necesarios para capturar los datos de la empresa, la evaluación del experto y de la maquinaria, así como diseñar la base de datos que facilite el posterior acceso a la información para la realización de los cálculos necesarios.

La estructura de la base de datos permite capturar toda la información a procesar, se definieron las tablas, los campos, el tipo de datos y la manera de relacionarse entre las tablas para grabar y extraer información de dicha base de datos, como se representa en el diagrama de la Figura 3. Una vez codificada esta fase y concluidas las pruebas, el siguiente paso es la creación de un cuestionario digitalizado necesario para obtener la información de las empresas en cuanto al personal y al equipo de TMA con el que se cuenta. En la Figura 4 se muestra solo un ejemplo de la sección de resultados del software, el diagrama de la propuesta incluye la estructura del software denominadas como Tablas. El diagrama de la tabla *datos_empresa* cuenta con los campos para la información general. En la tabla *experto* se muestran solo algunos datos del experto como el nombre, numero de empleado y a cual empresa pertenece. En la tabla denominada *alternativa*, incluye la identificación y características de la máquina, la evaluación del experto para asignación del Rango de Diseño y determinación del Rango del Sistema para cada atributo y subatributo, así como las comparaciones pareadas originadas del Proceso de Análisis Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP)

Una vez que los expertos implicados realicen las evaluaciones correspondientes apoyados por el Software, éste podrá arrojar el Rango de diseño (α, β, θ) y Rango del sistema (a,b,c) los cuales son obtenidos por procesos de agregación adecuados integrados en la codificación del mismo. A partir de que los datos sean almacenados en la base de datos, corresponde una transformación de las respuestas en lenguaje natural dadas por los expertos que evaluaron las alternativas de TMA.

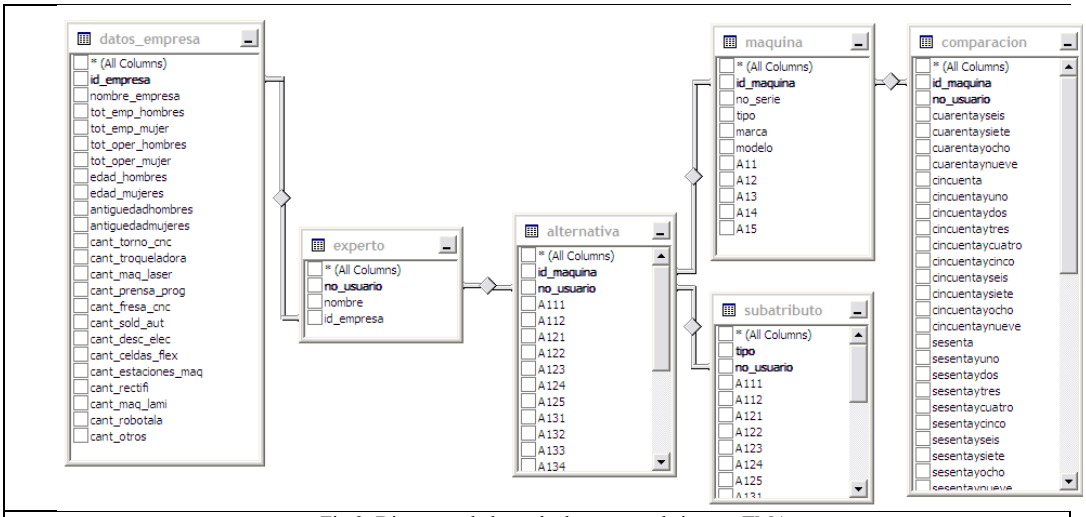


Fig.3. Diagrama de base de datos para el sistema TMA

Después de haber obtenido estos rangos, es necesaria la creación de una función que encontrará el Área Común la cual es necesaria para encontrar el valor del Contenido de Incompatibilidad Ergonómica (CIE) para cada atributo y subatributo.

En la siguiente fase se realizará el proceso de análisis jerárquico a los datos almacenados en la tabla *Comparación* para obtener la importancia relativa o peso de cada atributo y subatributo (w_i) de las alternativas. Estos valores afectarán el cálculo del CIE obtenido anteriormente y arrojará el CIE por atributo y CIE total con peso para cada alternativa de TMA sometida a evaluación. Finalmente se agregará al formulario del software los resultados finales en una serie de gráficas de tipo araña, donde será más fácil para el usuario apreciar el CIE por atributo de cada alternativa por separado. La alternativa con el menor CIE total es elegida como la mejor entre las máquinas evaluadas.

Conclusiones

Esta propuesta se ha considerado eficaz para la aplicación del MECE ya que permite incorporar los procesos para recabar y procesar la información pertinente. El modelo propone una estructura jerárquica multiatributo cuyos resultados van uniéndose ordenadamente hasta conformar un resultado final esperado por el usuario. Esto es conveniente para este producto de innovación tecnológica para asistir a los tomadores de decisiones en la elección de la mejor alternativa de TMA considerando atributos ergonómicos que han sido obviados y subestimados por otros modelos en la selección de TMA.

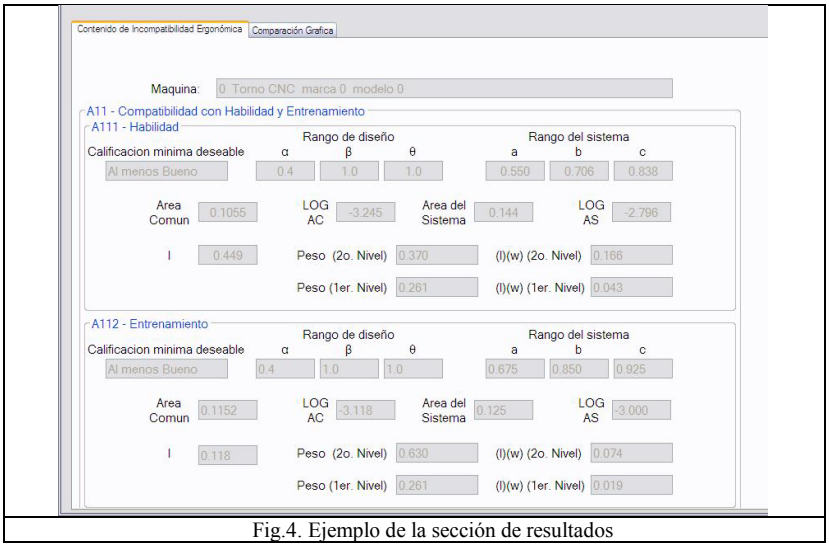


Fig.4. Ejemplo de la sección de resultados

Agradecimientos

Los investigadores agradecen el apoyo y financiamiento para el desarrollo del proyecto al Programa para el Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) y a la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez por las facilidades para esta investigación.

Referencias

Corlett, E., and Clark, T. (1995). The Ergonomics of Workspaces and Machines A Design Manual.

Endsley,M.R.,(1993), The integration of human and advanced manufacturing systems. Journal of Design and Manufacturing 3, pgs. 177-187.

Helander, M.G., (1995), "Conceptualizing the Use of Axiomatic Design Procedures in Ergonomics", in Proceedings of the IEA World Conference, Associaçião Brasileira de Ergonomia, Rio de Janeiro, Brazil, pp. 38-41.

Helander, M.G. and Lin, L (2002), "Axiomatic Design in Ergonomics and Extension of Information Axiom," Journal of Engineering Desing, Vol. 13, No. 4, pp. 321-339.

Karwowski, W. (2000), "Simvatology: The science of an Artifact-Human Compatibility," Theoretical Issues in Ergonomics Science, Vol. 1, Nol. 1, pp. 76-91.

Karwowski, W. Ed. (2001), International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors, Taylor & Francis, London.

Karwowski, W. (2005), "Ergonomics and Human Factors: The paradigms for Science, Engineering, Design, Technology, and Management of Human-Compatible Systems", Ergonomics, (in press).

Karwowski, W. (2006), "On measure of the Human-System Compatibility," Theoretical Issues in Ergonomics Science (in press).

Karwowski, W. (Editor) (2006), Handbook of Standards and Guidelines in Ergonomics and Human Factors. Lawrence Erlbaum Associates. Mahwah, New Jersey.

Larman, C. 2004, UML y Patrones – Una introducción al análisis y diseño orientado a objetos y al proceso unificado. Madrid, Pearson Educación, 2003. p 590.

Maldonado, A. (2008), Aplicaciones del Axioma de Información en Procesos de Evaluación y Selección de Instalaciones y Equipamiento, Proceedings of the 1st. International Congress of Undergraduate Studies and Research, Ciudad Juarez Technology Institute, pp. 380-388.

Maldonado, A. (2009a), A Hierarchical Fuzzy Axiomatic Design Survey for Ergonomic Compatibility Evaluation of Advanced Manufacturing Technology –AMT-, Proceedings of the XXIst. Annual International Conference, International Society for Occupational Ergonomics and Safety, pp 270-277.

Maldonado, A. (2009b). Modelo de Evaluación Ergonómica para la Planeación y Selección de Tecnología de Manufactura Avanzada. Tesis Doctoral. Instituto Tecnológico de Cd. Juárez.

Pressman, Roger S., 2003, Ingeniería del software - Un enfoque practico. México, McGraw-Hill, pp 601.

Saraph, J.V,& Sebastian, R.J. (1992). Human resource strategies for effective introduction of advanced manufacturing practices (AMT). Production and Inventory Management Journal, 33 (1), 64-70.

Saaty, T.L. (1980). Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw Hill.

Suh, N.P. (1990). The principles of Design. Oxford Series on Advanced Manufacturing, Oxford University Press, New York, pp. 52.

Venkata Rao, R. (2007). Decision Making in the Manufacturing Environment. Using Graph Theory and Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods. Springer, London, United Kingdom

Sitios oficiales para adquisición del software mencionado:
http://www.mathworks.com/products/matlab/
http://www.expertchoice.com/
http://www.microsoft.com/spain/visualstudio
http://mexico.autodesk.com/adsk/servlet/home?siteID=1002155&id=7659874

Notas Biográficas

La **Dra. Aide A. Maldonado-Macías** es Profesora Investigadora de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, cuenta con una Certificación como Profesional Ergonomista en México, ha participado en ponencias para Congresos Internacionales y publicado en el International Journal of Industrial Engineering. Actualmente dirige el Proyecto del Software para la Evaluación Ergonómica de TMA con financiamiento PROMEP.

El **Ing. Luis Guillén Anaya** es actualmente jefe del laboratorio de diseño asistido por computadora de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez y está por concluir la Maestría en Ingeniería en Manufactura. Es colaborador del presente proyecto como diseñador y programador del sistema.

Luis Barrón Díaz es estudiante de la carrera Ingeniería en Sistemas Computacionales en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, ha participado en intercambios académicos e intervino en el proyecto como programador y desarrollador del sistema.

El **Dr. Jorge Luis García-Alcaraz** es profesor investigador en el Instituto de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, ha publicado en el International Journal of Industrial Engineering –Theory, Applications and Practices -, Revista Contaduría y Administración, Revista Agricultura Técnica en México, Revista Agricultura Costarricense, entre otras. Es candidato al SNI y líder de Cuerpo Académico Consolidado.

Aprendizaje Mediado por la Tecnología Diseño de Material Didáctico Digital para la asignatura de Cálculo Diferencial

Ing. Claudia Lizeth Márquez Martínez[1], M.I. Edith Montiel Ayala[2] y M.C. Álvaro Encinas Bringas[3]

***Resumen*— Con la finalidad de facilitar el aprendizaje de la Unidad II Límites y Continuidad de la asignatura de Cálculo Diferencial impartida en primer semestre de la FIN, perteneciente al Campus Tijuana de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), se elaboró un material didáctico interactivo en una presentación de *Power Point* con hipervínculos a diferentes programas, que consiste esencialmente en proporcionar la información más importante de los 7 temas que abarca la unidad, así como diferentes ejercicios elaborados en el programa *Hot Potatoes*, que ayudarán al alumno a calificar el avance de su propio aprendizaje, dichos ejercicios están elaborados para que el estudiante pueda desarrollar su metacognición. A su vez, como parte importante de la Evaluación del Aprendizaje se incluyen dos Rúbricas una de contenido y otra de valores y actitudes, apoyando con esto al logro de la competencia específica de la unidad.**

***Palabras claves*—Proceso Enseñanza-Aprendizaje, Cálculo Diferencial, Material Didáctico Digital, Metacognición, Evaluación del Aprendizaje.**

INTRODUCCIÓN

La asignatura de Matemáticas en general siempre se ha caracterizado por tener un alto índice de reprobación en los diferentes niveles educativos, las razones son diversas y van desde las técnicas de enseñanza utilizadas por los maestros al impartir la clase, los métodos de evaluación implementados, hasta la razón más común que es simplemente a los alumno "no les gustan", pero probablemente la principal razón podría ser que no entienden conceptos tan abstractos cuando no se utilizan los medios adecuados para la explicación y cuando a esos conceptos no se les atribuye un significado o aplicación útil en la vida cotidiana.

En la Facultad de Ingeniería y Negocios (FIN) dentro del Plan de Estudios de los Programas Educativos de Ingeniería se encuentra la materia de Cálculo Diferencial, asignatura en la cual el índice de reprobación es por lo general alto, investigaciones anteriores revelan que las causas suelen ser: los alumnos no cursaron materias de Cálculo Diferencial o Integral en preparatoria o que las bases elementales que poseen de Álgebra, Trigonometría, Geometría entre otras ramas de las Matemáticas son deficientes [1].

Por tanto, una de las soluciones planteadas para reducir el índice de reprobación fue diseñar la Unidad II "Límites y Continuidad" de la asignatura Cálculo Diferencial basado en el programa Hot Potatoes y Winplot como un modelo de enseñanza-aprendizaje alternativo al método tradicional, el cual fue distinguido como uno de los tres mejores trabajos en el Segundo Concurso de Materiales Didácticos Digitales en la UABC en la categoría de Material Interactivo, realizado en Diciembre de 2009 por el Centro de Educación Abierta de la misma Institución [2], implementado como corrida piloto en el semestre 2009-1 y posteriormente en el semestre 2010-01 y 2010-02. En el presente artículo se muestra la metodología utilizada para el diseño y los resultados obtenidos.

JUSTIFICACIÓN

La materia de Cálculo Diferencial es importante para el curso de otras asignaturas como lo son Cálculo Integral, Cálculo Multivariable, Ecuaciones Diferenciales, Dinámica, entre otras. La Unidad II Límites y Continuidad que fue la desarrollada en el material didáctico proporciona el fundamento para la derivada y la integral, por lo que es necesario comprender qué es un límite, cómo determinarlo y qué significado tiene. Con este material interactivo se pretende introducir un nuevo modelo de enseñanza basado en el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) contribuyendo con esto a enseñar al alumno a aprender por sí mismo y generar una conciencia responsable sobre lo que aprende. Aparte de facilitar el trabajo del docente, la eficiencia del proceso de Enseñanza-Aprendizaje (E-A) y favorecer la comprensión de los temas, cabe mencionar que lo podrá utilizar cualquier maestro responsable de impartir la materia y será proporcionado a los alumnos para que tengan una guía de estudio y puedan acceder a ella en el momento que sea necesario.

[1]Ing. Claudia Lizeth. Márquez Martínez es Profesora de la Facultad de Ingeniería y Negocios Tecate, en la Universidad Autónoma de Baja California, México. marliz@hotmail.com
[2] M. I. Edith Montiel Ayala es Profesora de la Facultad de Ingeniería y Negocios Tecate, en la Universidad Autónoma de Baja California, México. edith.montiel@gmail.com
[3]M.C. Álvaro Encinas Bringas es Profesor de la Facultad de Ingeniería en la Universidad Autónoma de Baja California, México. aencinasb@uabc.edu.mx

PROPÓSITO DE LA INVESTIGACIÓN

Este material se elaboró con el propósito de servir como apoyo a docentes y estudiantes de la Universidad Autónoma de Baja California que cursan la materia de Cálculo Diferencial en el Tronco Común Ciencias de la Ingeniería en la Facultad de Ingeniería y Negocios, proporciona una explicación de la teoría elemental de cada tema de la Unidad II Límites y Continuidad y una serie de ejemplos, así como ejercicios por medio de los cuales el alumno practicará lo visto en clase y podrá estudiar a su ritmo en cualquier momento para un mejor entendimiento, a su vez permite al maestro utilizar de manera más eficiente el tiempo de sus clases y supervisar el trabajo del alumno para asegurarse de la participación y comprensión de cada uno de los temas. Se incluye una evaluación tradicional (examen) y una evaluación alternativa utilizando rúbricas de contenido y otra que abarca aspectos actitudinales en la cual el alumno reconocerá el nivel al que llegó y el grado de compromiso que ha tenido hacia el curso.

MARCO TEÓRICO

En ocasiones explicar temas complejos no suele ser una tarea fácil para el docente y para el alumno se vuelve aún más difícil comprenderlos sí para llevar a cabo dicha explicación no se seleccionan y utilizan los medios didácticos idóneos, pues dentro del proceso educativo la importancia de estos instrumentos reside en su funcionalidad didáctica, en su capacidad para motivar, para configurar y articular la relación del alumno con todos los demás elementos del proceso de E-A[3].

Por consiguiente, una forma de facilitar el aprendizaje implica el diseño de materiales didácticos, entendiendo por estos, a todos aquellos medios y recursos que dentro de un contexto educativo global y sistemático, estimulan la función de los sentidos para acceder más fácilmente a la información, adquisición de habilidades y destrezas [4]. Es muy importante señalar que el diseño de un material didáctico debe tener ciertas características, dos de las principales son: adecuarse a la disciplina que se desea aprender y atender las posibilidades y necesidades de los alumnos [5], además, se debe considerar que existen diferentes tipos de alumnos y por supuesto no todos aprenden de manera similar, por tanto, necesitan ser diseñados con el objetivo de que al impartir una clase de cualquier asignatura que se trate, se abarquen los distintos estilos de aprendizaje (visuales, auditivos, cinestésicos) con esto se capta la atención de los estudiantes y se facilita la transmisión de conocimientos que es la razón primordial para la cual fueron elaborados.

Ahora bien, otro objetivo que suele perseguirse con la elaboración de materiales didácticos digitales es ayudar al alumno a regular su propio aprendizaje, término conocido como *metacognición* que literalmente significa conocimientos sobre los conocimientos y aprendizajes, se utiliza para monitorear y regular los procesos cognoscitivos como el razonamiento, la comprensión, la solución de problemas, el aprendizaje etcétera. (Metcalfe y Shimamura, 1994) [6]. El material didáctico elaborado para la materia de Cálculo Diferencial permite precisamente que el alumno aprenda por sí sólo, regule el avance o la adquisición de los conocimientos y a su vez evalúe su propio aprendizaje, aquí el docente y propiamente el material actúan como mediadores ayudando al alumno a adquirir nuevos conceptos, tomando en consideración los conocimientos previos. Según la teoría sobre el aprendizaje de Vigotsky existe una Zona de Desarrollo Próximo (ZDP) la cual define como: *"la distancia en el nivel real de desarrollo, determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema, y el nivel de desarrollo potencial, determinado a través de la resolución de un problema bajo la guía de un adulto o en colaboración con otro compañero más capaz"* (1979:133) [7], entonces, el docente debe guiar y ayudar al alumno a desarrollar su potencial, avances que no sucederían si el estudiante no es motivado a realizarlo. Es por eso que con este trabajo se desea aumentar la eficiencia del proceso de enseñanza, como ya se mencionó el uso del material será un instrumento que en conjunto con el maestro ayudarán a aumentar el nivel de conocimientos que posee el alumno, sin embargo, podría surgir la pregunta sobre cómo evaluar el avance del estudiante, en lo que a esto compete, se incluyeron dos rúbricas que consisten en la ponderación de descripciones detalladas de cierto tipo de ejecución [8], enfocándonos a una rúbrica de contenido y otra sobre aspectos actitudinales, en la primera el alumno podrá evaluar el avance que obtuvo en cada tema desarrollado y lo llevará a reflexionar si verdaderamente se esforzó y realizó las tareas pertinentes para alcanzar el puntaje máximo, esto último se verá reflejado en la rúbrica sobre actitudes.

Por último, es importante recalcar que como Instituciones de Educación Superior (IES) se debe propiciar el uso de las TIC para facilitar y mejorar el proceso E-A, apoyado esto en teorías de aprendizaje y en el interés por incitar a los alumnos a "aprender a aprender" y a evaluar su propio aprendizaje, pues si bien es cierto que el uso de la tecnología no ha sustituido a las modalidades tradicionales de aprendizaje y enseñanza en las aulas, es indudable que las TIC pueden ampliar el acceso de ciertos estudiantes específicos y que se han convertido en medios de realizar experiencias pedagógicas más vastas, especialmente cuando alumnos y educadores se encuentran separados en tiempo y espacio[9].

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

METODOLOGÍA

Los contenidos desarrollados están de acuerdo a la competencia general del curso de Cálculo Diferencial y específica de la Unidad II. Límites y Continuidad, que abarca 7 temas. Cada uno fue elaborado de manera individual, en un archivo en Word que el alumno puede imprimir y consultar para su estudio.

El material puede ser utilizado para clases presenciales o clases a distancia, el tiempo estimado para el desarrollo de cada tema está sujeto a las necesidades del grupo en el que se esté aplicando y/o a las necesidades que el maestro detecte al momento de impartir la clase. En caso de que sea el alumno el que lo utilizará sin ayuda directa del docente el tiempo queda sujeto a las necesidades del propio estudiante.

En la Imagen 1 se muestra el menú principal del material didáctico.

Imagen 1. Menú principal del Material Didáctico Digital de la Unidad II. Límites y Continuidad.

Estructura del material en general y de cada tema

Se estructuró el material de una manera sencilla lo que permite al alumno ser autónomo, haciendo hincapié que la mejor forma de aprender cualquier concepto nuevo es aplicando los conocimientos previos y realizando los ejercicios por uno mismo, así como respetando el orden de los temas.

Tomando en consideración lo dicho, en el material se incluye lo siguiente:

- **Breve introducción sobre el tema.**

Muestra al alumno la importancia que tiene estudiar el tema y en qué consiste (Imagen 2).

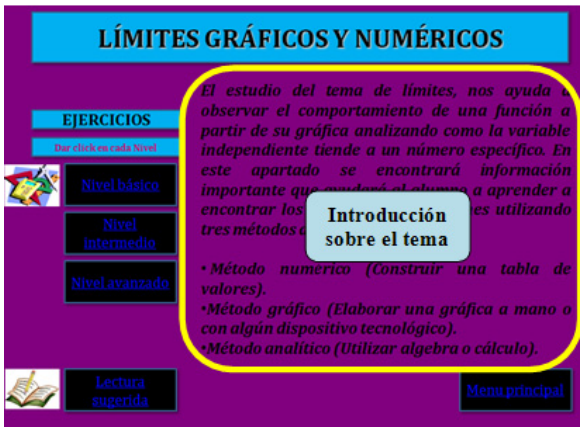


Imagen 2. Pantalla principal de cada tema (en este caso se muestra como ejemplo la pantalla del tema Límites gráficos y numéricos).

- **Lectura sugerida (Archivo en Word).**

Desde la pantalla principal de cada tema se puede acceder a la lectura sugerida presionando el botón indicado con el mismo nombre que se encuentra a un lado del icono de un libro y un lápiz, se utilizó y generalizó el mismo icono para todas las lecturas, así el alumno lo identificará con mayor facilidad (Imagen 3).

Las lecturas fueron desarrolladas en un archivo en Word donde se explica ampliamente el tema, se muestran diversos ejercicios resueltos y se indica la referencia bibliográfica utilizada para que en caso de que el alumno lo crea conveniente pueda acceder a ella, es importante indicar que el estudio de estas lecturas debe ser previa a la realización de los ejercicios propuestos, pues primero el estudiante debe entender la teoría y después practicar y aplicar lo aprendido.

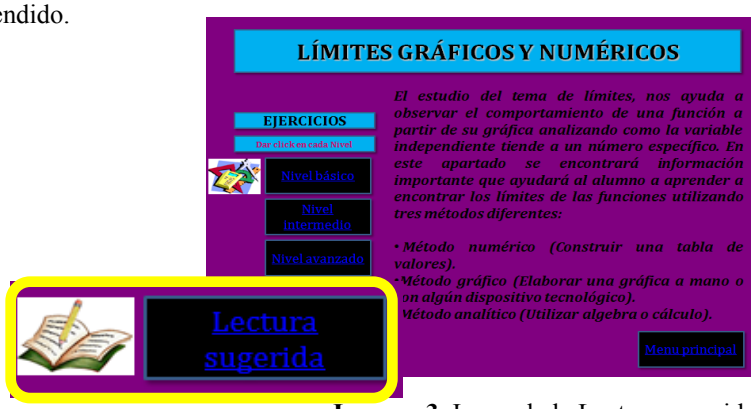


Imagen 3. Icono de la Lectura sugerida.

- **Ejercicios diversos en tres niveles: Básico, Intermedio y Avanzado.**

El tema estudiado se refuerza siempre con la propuesta de diversos ejercicios, mismos que fueron elaborados en el programa *Hot Potatoes* que es un software libre y de uso educativo, el cual permite construir unidades didácticas en formato de página Web [10]. Para abrir la ventana de cada ejercicio se utilizan los botones que aparecen en la Imagen 4 los cuales están agrupados en tres niveles de complejidad básico, intermedio y avanzado, y diseñados de forma distinta pues existen algunos para relacionar columnas, llenar espacios en blanco, opción de verdadero y falso y ejercicios de respuestas alternas.

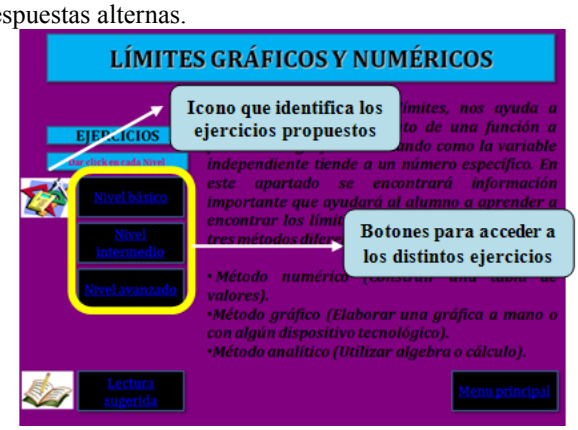


Imagen 5. Muestra los botones utilizados para acceder a los ejercicios y el icono con el que se identifica.

Se pretende primeramente que el alumno pase por etapas cada nivel para que el proceso de aprendizaje sea correcto y no provocar confusiones al momento de estudiar el tema. Para identificar en que nivel de dificultad se encuentra, los ejercicios se distinguen por tres colores de fondo distintos los que se muestran en la Imagen 5.

Imagen 5. Muestra los colores utilizados en los tres niveles de dificultad de los ejercicios propuestos en *Hot Potatoes*.

- **Ejercicios para resolver y enviar al docente encargado de impartir la materia.**

Existen ejercicios que por la complejidad del tema y por el desarrollo que deben llevar no fueron posibles elaborarlos con el programa *Hot Potatoes*, por esta razón deben ser resueltos por el estudiante y enviados por correo electrónico al profesor, para recibir la retroalimentación necesaria.

- **Autoevaluación de los ejercicios y con el uso de Rúbricas de Contenido y Actitudinales.**

Se presentan dos tipos de evaluaciones una que es proporcionada por el programa al momento de realizar los ejercicios ya que ofrece el puntaje obtenido y en caso de estar incorrecto remite a la lectura sugerida, cabe aclarar que al momento de repetir los ejercicios los datos presentaran modificaciones en cuanto a orden así que en cada ocasión serán mostrados de forma distinta (Imagen 6). La otra evaluación proporcionada es con el uso de rubricas una de contenido y otra de actitudes, en la primera el estudiante evaluará hasta que nivel de comprensión llego en cada tema, y en la última las actitudes que mostró para obtener dicho puntaje, estos resultados deben ser entregados al docente para su análisis.

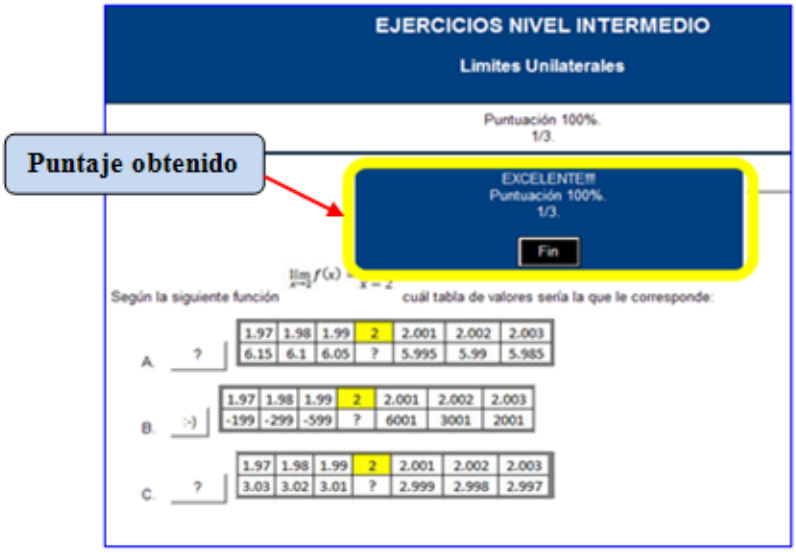


Imagen 6. Muestra un ejercicio resuelto con el puntaje obtenido.

RESULTADOS

De los resultados obtenidos se pueden resumir los siguientes puntos:

Mejor aprovechamiento del tiempo en clase. El tiempo utilizado fue eficiente, ya que los alumnos previamente analizaban el tema y en las clases existía un intercambio de ideas, esto contribuía a utilizar la mayor parte del tiempo en realizar ejercicios y evitaba estar dictando y/o explicando conceptos, pues los alumnos contaban con las bases teóricas necesarias para comprender el tema y sólo se limitaba el tiempo a la realización de diversas actividades.

Facilitar el trabajo del docente. Como ya se mencionó es complicado en ocasiones explicar temas abstractos en el pizarrón, este material es indudablemente una herramienta para el docente, aspectos que serian difícil de explicar de forma tradicional, quedan cubiertos con el uso de materiales didácticos. No se pretende desplazar en ningún momento al profesor simplemente en conjunto se mejora el trabajo y se aumenta la eficiencia del aprendizaje.

Beneficios obtenidos para los alumnos. En los alumnos inicialmente se inculcó la responsabilidad, pues debían estudiar con anticipación, regular su propio aprendizaje y cumplir con las tareas encomendadas, ya que todos esos aspectos serian reflejados en la autoevaluación. A su vez, contar con este material les permitía estudiar a su ritmo y aclarar dudas con mayor facilidad por tener la información a la mano.

Resultados de las rúbricas. La media obtenida de los resultados de las rúbricas tanto la de contenido como la de actitudes se encuentra en escala de nivel bueno, la primera con 14.32 puntos y la última con un promedio de 12.5. Estos resultados aparte de mostrar el promedio que el grupo presenta en general, es importante conocerlo ya que ayuda a determinar en que temas se necesita una mayor explicación o los considerados más complejos por parte de los alumnos.

CONCLUSIONES

Son gratificantes los resultados de un trabajo colegiado, ya que estos se hace en beneficio de los estudiantes y con el objetivo de utilizar nuevas técnicas de enseñanza que favorezcan los resultados obtenidos hasta estos momentos, como recomendación se sugiere extender el desarrollo de trabajos como este a otras asignaturas que por la complejidad que las caracteriza es necesario despertar el interés de los alumnos implementando distintas herramientas que faciliten impartir las clases de una forma innovadora, eficiente, provechosa y porque no motivadora.

REFERENCIAS

[1] Márquez, C. y Montiel, E. (2010). Diseño del Curso Propedéutico de Matemáticas para la Facultad de Ingeniería y Negocios Tecate. ISSN 1946-5351.Congreso Internacional de Investigación de AcademiaJournals.com http://chiapas.academiajournals.com/downloads/CHIS%20ED.pdf.pdf
[2]Montiel, E. Márquez, C. y Vega, Y. (2010). Análisis y seguimiento de la implementación de la Metodología 8 Disciplinas en la Facultad de Ingeniería y Negocios. ISSN 1946-5351. Congreso Internacional de Investigación de AcademiaJournals.com http://chiapas.academiajournals.com/downloads/CHIS%20ED.pdf.pdf
[3] Bermejo, L. (2005). Gerontología educativa: cómo diseñar proyectos educativos con personas mayores, EDITORIAL MÉDICA PANAMERICANA, S. A. En línea, http://books.google.com.mx/books?id=q37HgoBKjjgC&pg=PA109&dq=importancia+de+los+materiales+didacticos&hl=es&ei=O79RTcSCI4j6swPp3YWqBw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2&ved=0CDMQ6AEwAQ#v=onepage&q&f=false (Fecha de consulta: 4 de Febrero de 2011)
[4] Camacho, M. (2006). Material Didáctico para la Educación Especial, EUNED EDITORIAL UNIVERSIDAD ESTATAL A DISTANCIA. En línea, http://books.google.com.mx/books?id=Lo_IotW9_bwC&printsec=frontcover&dq=Material+Didactico+para+la+educacion+especial&hl=es&ei=Ri1STc31HZKisAO1t-z4Bg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCoQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false (Fecha de consulta: 4 de Febrero de 2011).
[5] Loza, J. NOTAS SOBRE LA EDUCACIÓN CONTINUA, ABIERTA Y A DISTANCIA. En línea, http://www.anuies.mx/servicios/p_anuies/publicaciones/revsup/res104/txt3.htm#8 (Fecha de consulta: 4 de Febrero de 2011).
[6] Woolfolk, A. Psicología Educativa. Capitulo 7. Perspectivas cognoscitivas del aprendizaje. Conocimiento metacognitivo y regulación. En línea, http://books.google.com.mx/books?id=PmAHE32RuOsC&pg=PA257&dq=Metacognici%C3%B3n&hl=es&ei=mgZTTbGpIYjGsAPRj5m_Bg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=3&ved=0CC0Q6AEwAg#v=onepage&q=Metacognici%C3%B3n&f=false (Fecha de consulta: 5 de Febrero de 2011).
[7] Carrera, B y Mazzarella, C. (2001). Vigotsky: Enfoque Sociocultural. Revista Digital. Educere. La Revista Venezolana de Educación. Universidad de los Andes. Red de revistas científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. Universidad Autónoma del Estado de México. http://redalyc.uaemex.mx/pdf/356/35601309.pdf (Fecha de consulta: 5 de Febrero de 2011).
[8] Díaz Barriga, F. (2005). Enseñanza situada: Vínculo entre la escuela y la vida. México. McGraw Hill.
[9] La educación y las TIC. http://www.unesco.org/es/higher-education/higher-education-and-icts/ (Fecha de consulta: 4 de Febrero de 2011)
[10] Sitio Oficial de Hot Potatoes http://hotpot.uvic.ca/ (Fecha de consulta: 19 de Febrero de 2011).

NOTAS BIOGRÁFICAS

Claudia Lizeth Márquez Martínez, Ingeniero Industrial, egresada de la Universidad Autónoma de Baja California de Tecate con Mención Honorífica en 2006. Terminó sus estudios de Posgrado en Maestría en Educación en CETYS Universidad Baja California Campus Tijuana en 2010. Tiene experiencia en el ámbito industrial en los departamentos de Ingeniería, Calidad y Manufactura; y como docente desde hace 4 años impartiendo Materias de Álgebra, Matemáticas, Cálculo Diferencial y Cálculo Integral en nivel superior, entre otras asignaturas en nivel medio superior.

Edith Montiel Ayala, Ingeniero Industrial, egresada de la Universidad Autónoma de Baja California de Tecate en 1996 con distinción al Merito Escolar. Obtuvo el grado de Maestría en Ingeniería por la misma Institución en 2008, actualmente Directora de la Facultad de Ingeniería y Negocios Tecate en la UABC. Tiene experiencia ininterrumpida como docente desde hace 8 años en materias a nivel Licenciatura y Posgrado.

Álvaro Encinas Bringas, Licenciado en Física egresado de la Universidad de Sonora. Obtuvo el grado de Maestría en Ciencias con especialidad Matemática Educativa por la misma Institución. Doctorado en Ciencias. Línea Educación Superior dentro del MYDCI. Actualmente tesista. Experiencia en investigación. Ponencias en congresos regionales, nacionales e internacionales. Publicaciones recientes: Acta Latinoamericana de Matemática Educativa 20,21, 22 y 23. Profesor ordinario de carrera titular nivel B de tiempo completo definitivo, en el área básica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California, desde 1975. Miembro y líder del Cuerpo Académico "Ciencias Básicas de la Ingeniería" de la Facultad de Ingeniería UABC-CA-112. Coordinador del examen colegiado de la materia de matemáticas I de la F.I. a partir de 2004 y hasta 2007.

Estudio Comparativo para la Solución del Problema de Balanceo de Células de manufactura en "U" Utilizando Algoritmos Genéticos con Codificación Directa e Indirecta

Ulises Martínez Contreras[1], William S. Duff[2], Mirella Parada González[3]

***Resumen*—** Uno de los objetivos de la Ingeniería Industrial es incrementar la productividad en procesos o sistemas productivos de manufactura o de servicios. Entre las opciones disponibles para lograr lo anterior, se encuentra la de asignar la misma cantidad de trabajo a cada uno de los trabajadores que interviene en la línea de ensamble, evitando así los cuellos de botella. A este problema se le conoce como Balanceo de Líneas. En base al método de codificación indirecta presentado para la solución del problema de balanceo de líneas en forma de "U" propuesto por Martínez y Duff 2004, se desarrolló un método adicional utilizando un algoritmo genético de codificación directa. Posteriormente se realizó un estudio comparativo para determinar cuál de las dos metodologías proporciona mejores soluciones.

***Palabras claves*—** Balanceo de Líneas, Algoritmos Genéticos, Ingeniería Industrial, Meta Heurística

Introducción

En los últimos tiempos, las compañías en el mundo están fabricando productos de alta calidad para ser vendidos al menor precio posible. Esto no significa que ellos no quieran ganar más dinero al vender sus productos; lo que sucede es que enfrentan la necesidad de mantenerse competitivos, ya que sus competidores también están vendiendo productos de alta calidad y a bajo costo. Existen varias técnicas para mejorar constantemente la calidad y reducir los costos de operación. Una de esas técnicas es el Balanceo de líneas.

Un problema de balanceo de línea (PBL) consiste en asignar cantidades similares de trabajo a cada estación de trabajo (trabajador) en una línea de ensamble. Una línea de ensamble existe cuando ensamblamos o manejamos algún equipo o producto bajo un procedimiento secuencial planeado con dos o más operadores realizando tareas repetitivas en estaciones de trabajo establecidas. Cuando un producto tiene varias operaciones y su demanda es alta, el proceso de balanceo de líneas se torna cada vez más difícil. Según Ajenblit (1998) hay dos tipos de optimización de problemas para el problema de balanceo de líneas (PBL). "En el problema Tipo I, el tiempo de ciclo (máxima cantidad de tiempo asignada a cada estación de trabajo) está establecido y el objetivo es minimizar el número de estaciones de trabajo requeridas. El Tipo II consiste en minimizar el tiempo de ciclo asignado a un número establecido de estaciones de trabajo"

El problema de balanceo de línea (PBL) asigna tareas a las estaciones de trabajo cumpliendo dos requisitos; primero, el tiempo requerido para terminar la tarea asignada a una estación de trabajo no deberá exceder el tiempo de ciclo (tiempo en el que el producto debe ser terminado) y segundo, las relaciones de precedencia deben ser cumplidas. Entonces, la información requerida para aplicar el PBL es: tiempo de ciclo, diagrama de precedencia y tiempo de la tarea u operación (Figura 1).

Una línea de producción en forma de U puede ser descrita como un tipo especial de manufactura celular utilizada en un sistema Justo a Tiempo (JIT) y manufactura esbelta. En una línea en U, se acomodan las maquinas en forma de U en el orden en el que las operaciones son realizadas. Los operadores trabajan dentro de la línea en U.

El sistema de producción en U otorga más posibilidades para asignar tareas a las estaciones de trabajo, permitiendo así, tener menos estaciones de trabajo que en una línea de producción convencional. Una idea clave en el balanceo de una línea de ensamble es asignar las operaciones a las estaciones de trabajo en una secuencia factible en la cual puedan ser realizadas. Existe un número enorme de posibles secuencias, pero sólo con algunas de esas secuencias se conseguirá una alta eficiencia en la línea.

Trabajo Previo

En la literatura se pueden encontrar algunas investigaciones para resolver un PBL simple o en línea y el PBL en U. Algunos utilizan procedimientos heurísticos y otros procedimientos exactos.

Se pueden encontrar varias investigaciones con procedimientos heurísticos para resolver un PBL en una línea. Entre las técnicas mas populares está la utilizada por Talbot, Patterson y Gehrlein (1980). Allí hay buenos ejemplos de soluciones exactas para un PBL simple. En 1958 Bowman presentót una aplicación de programación lineal para resolver un PBL

[1] Ulises Martínez Contreras es Profesor de la carrera de Ingeniería Logística en el Instituto Tecnológico de Tláhuac II, Tláhuac, DF., Mexico umartine@engr.colostate.edu (**autor corresponsal)**
[2] William S. Duff es Profesor de Ingeniería Mecánica en la Universidad Estatal de Colorado, USA bill@engr.colostate.edu
[3] Mirella Parada González es Profesora de la carrera de Ingeniería en Logística del Instituto de Tecnológico de Tláhuac II, Tláhuac, DF, México mirepag@yahoo.com

simmple. En 1962 Held y Karp desarrollaron un algoritmo para resolver un PBL simple utilizando programación dinámica. En 1962, Klein presentó una aplicación de un problema de asignación para resolver un PBL en línea. Después de estos trabajos de investigación, podemos encontrar muchas investigaciones para resolver un PBL en linea, algunos utilizan procedimientos heurísticos y otros herramientas de optimización (ver Ignall 1965, Dar-El 1975). Todas esas publicaciones abordan el problema de balanceo de línea simple.

Miltenburg y Wijngaard, 1994 presentaron la primera publicación formal que aborda la solución de un PBL para una célula de manufactura en forma de U. Ellos demostraron que este tipo de arreglo en los sistemas de producción produce un problema mas complejo que el que enfrentamos cuando el sistema de producción es en línea. Después de estos trabajos de investigación, podemos encontrar diferentes publicaciones acerca de cómo resolver un PBL en forma de U. Esas publicaciones encuentran soluciones óptimas para este problema utilizando programación dinámica, programación entera, técnicas de ramificación y acotamiento y algoritmos genéticos (GA). Sin embargo, no existen muchas investigaciones para resolver un PBL en forma de U utilizando procedimientos heurísticos (ver por ejemplo: Urban 1998, Guerriero y Miltengurg 2003).

Método 1: Algoritmo Genético de Codificación Indirecta Utilizando Reglas Heurísticas para resolver el PBL para una Célula de Manufactura en Forma de U

En esta investigación se utilizan diez reglas heurísticas para encontrar soluciones a un PBL Tipo I para una línea en forma de U. Todas estas reglas heurísticas fueron utilizadas previamente para la solución de un PBL en línea. Sin embargo, se hicieron algunas modificaciones para que pudieran funcionar en la solución de un PBL en forma de U. La diferencia entre la versión original y la versión modificada es que en ésta última las tareas están disponibles para su asignación teniendo todas las sucesoras o todas las predecesoras previamente asignadas a la estación de trabajo, y cuando resolvemos un PBL para una línea simple, las tareas están disponibles para ser asignadas teniendo únicamente todas las sucesoras previamente asignadas. Es decir, que el diagrama de precedencia se cumple de derecha a izquierda y de izquierda a derecha para el PBL en forma de U y únicamente de izquierda a derecha para el PBL en línea.

La primer regla heurística es Peso Posicional Modificado (Modified Ranked Positional Weight) procedimiento escrito por Miltenburg y Wijngaard (1994). Las otras nueve reglas heurísticas que se introducen en esta investigación para resolver un PBL en forma de U son: 2. Número Máximo del Total de Tareas que le Siguen (Maximum Total Number of Follower Tasks or Precedence Tasks), 3. Número Mínimo del Total de Tareas que le Siguen (Minimum Total Number of Follower Tasks or Precedence Tasks), 4.Tiempo Máximo de operación (Maximum Task Time), 5. Tiempo Mínimo de Operación (Minimum Task Time), 6. Número Máximo de Seguidores Inmediatos (Maximum Number of Immediate Followers or Immediate Precedence Tasks), 7. Número Mínimo de Seguidores Inmediatos (Minimum Number of Immediate Followers or Immediate precedence Tasks), 8. Limite Superior Mínimo para Líneas en U(Minimum U-line Upper Bound), 9. Límite Inferior Mínimo para Líneas en U (Minimum U-line Lower Bound), 10.Tolerancia mínima para líneas en U (U-line Minimum Slack). (Martínez & Duff, 2004)

Las reglas heurísticas descritas anteriormente pueden producir buenas soluciones para un PBL, sin embargo, nada garantiza que así vaya a suceder. Una forma de obtener soluciones mejoradas utilizando estas reglas heurísticas se puede lograr utilizando simultáneamente las reglas heurísticas para romper los empates en el proceso de asignación de tareas. Esto se puede hacer con algoritmos genéticos. Los algoritmos genéticos son algoritmos de búsqueda basados en la mecánica de la selección y la genética natural. Hay tres operadores básicos que se encuentran en todos los algoritmos genéticos: reproducción, cruce y mutación.

Para este algoritmo genético, se utilizan los siguientes pasos (basados en el método propuesto por Ponnambalam , Aravindan y Mogilesswar, (2000) para un PBL simple adaptado a un PBL en forma de U).

Procedimiento:

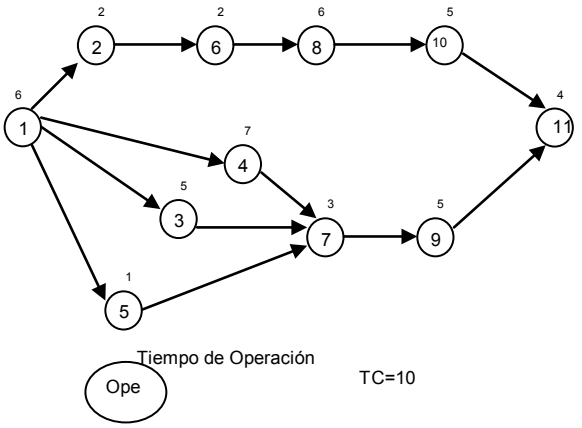
1. Obtener la información necesaria para el PBL: tiempo de la tarea, número de la tarea, tiempo de ciclo y relación de precedencia.
2. Compute los pesos para cada tarea utilizando las 10 reglas heurísticas descritas anteriormente .
3. Categorice la tarea basada en los pesos computados en el paso 2 y dé la misma categoría a las tareas que tengan un peso igual.
4. Inicialice la población al azar. Cada gen en un cromosoma representa una regla heurística, aquí la longitud del cromosoma es 10 porque estamos utilizando 10 reglas heurísticas.
5. Asigne la tarea a las estaciones de trabajo utilizando el número de la regla heurística representada por los genes, paso a paso. Si llegara a ocurrir un empate, continúe con el siguiente gen hasta que se rompa el empate. Continúe hasta que haya agotado los 10 genes. Si en algún momento en el proceso de asignación de tareas, un empate no puede ser resuelto después de agotar los 10 genes, asigne valores bajos a ese cromosoma, así no será considerado en la siguiente generación. De igual forma, asigne la tarea a las estaciones de trabajo utilizando los cromosomas restantes.

6. Calcule los valores de la función objetivo (número de estaciones de trabajo).
7. Si en la primera interacción no se obtiene una solución optima o el resultado esperado, continúe con la reproducción y la mutación para obtener una nueva generación y vaya al paso 5. (Para mas detalles sobre Algoritmos Genéticos (AG) ver Goldenberg, 1989, para ejemplo ilustrativo ver Martínez y Duff , 2004)

Método 2: Algoritmo Genético de Codificación Directa para Resolver el PBL para una Célula de Manufactura en Forma de U

A diferencia del algoritmo genético descrito en este artículo, en el que los genes representan reglas heurísticas. En este algoritmo de codificación directa los genes representan la secuencia en la que se ejecutará el balanceo de línea. Para explicar la manera en la que se genera la población inicial utilizaremos el problema de Jackson (Figura1).

El principal problema que tenemos con este tipo de algoritmo de codificación directa es mantener la solución factible (e.g. no violar la secuencia de operaciones), por lo tanto la construcción del cromosoma consiste en asignar a cada uno de los genes de manera aleatoria la operación que corresponda de acuerdo al diagrama de precedencia.

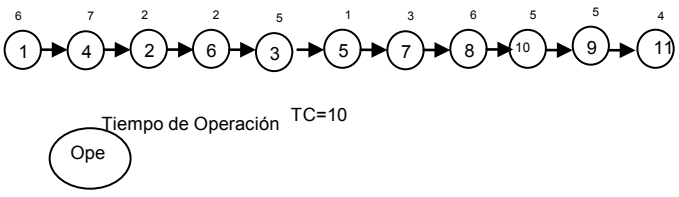


Recordando que el diagrama se lee de izquierda a derecha, en nuestro ejemplo la única operación factible de asignar al gen 1 es la operación 1. Por lo tanto tenemos lo siguiente:

Sea μ_k^p el conjunto de operaciones que precede a la operación k, entonces en cualquier momento el conjunto de tareas asignables V esta dado por: V={k | todas i$\in \mu_k^p$ que han sido asignadas hasta el momento}.

- Para el gen 2 tenemos V=(2,3,4,5), supongamos que aleatoriamente seleccionamos la operación 4.
- Para el gen 3 tenemos V=(2,3,5), supongamos que aleatoriamente seleccionamos la operación 2.
- Para el gen 4 tenemos V=(3,5,6), supongamos que aleatoriamente seleccionamos la operación 6.
- Para el gen 5 tenemos V=(3,5,8), supongamos que aleatoriamente seleccionamos la operación 3.
- Para el gen 6 tenemos V=(5,8), supongamos que aleatoriamente seleccionamos la operación 5.
- Para el gen 7 tenemos V=(7,8), supongamos que aleatoriamente seleccionamos la operación 7.
- Para el gen 7 tenemos V=(9,8), supongamos que aleatoriamente seleccionamos la operación 8.
- Para el gen 7 tenemos V=(9,10), supongamos que aleatoriamente seleccionamos la operación 9.
- Para el gen 7 tenemos V=(10), seleccionamos la operación 10.
- Para el gen 7 tenemos V=(11), seleccionamos la operación 11.

El cromosoma resultante es : 1,4,2,6,3,5,7,8,9,10,11 que es un diagrama de precedencia equivalente al mostrado en la figura 1, quedando de la siguiente forma:



La Tabla 1 muestra una población de 20 cromosomas generados utilizando el procedimiento descrito con anterioridad para el problema de Jackson.

C/G	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	4	2	6	3	5	7	8	9	10	11
2	1	3	4	2	6	5	7	8	10	9	11
3	1	2	4	3	5	7	6	9	8	10	11
4	1	3	5	4	7	9	2	6	8	10	11
5	1	2	3	4	5	7	6	9	8	10	11
6	1	2	3	4	6	8	5	10	7	9	11
7	1	4	2	3	5	6	8	7	9	10	11
8	1	2	3	4	5	6	8	10	7	9	11
9	1	2	6	5	4	3	8	10	7	9	11
10	1	3	4	5	7	9	2	6	8	10	11
11	1	2	3	4	6	8	10	5	7	9	11
12	1	5	4	2	3	7	9	6	8	10	11
13	1	5	4	3	2	6	7	8	9	10	11
14	1	2	6	5	4	8	10	3	7	9	11
15	1	4	5	2	6	3	7	9	8	10	11
16	1	4	2	3	6	5	8	10	7	9	11
17	1	4	5	3	7	9	2	6	8	10	11
18	1	5	2	6	4	3	7	8	10	9	11
19	1	4	2	5	3	7	9	6	8	10	11
20	1	5	2	3	4	7	6	9	8	10	11

Tabla 1: Población con 20 Cromosomas

Una vez generada la población inicial el siguiente paso es generar las soluciones utilizando cada uno de los cromosomas. El procedimiento es el siguiente:

1. Obtener la información necesaria para el PBL: tiempo de la tarea, número de la tarea, tiempo de ciclo y relación de precedencia.
2. Determine el conjunto de tareas asignables V utilizando el diagrama de precedencia equivalente (el que se obtiene de los cromosomas) de la siguiente manera:

Sea μ_k^p el conjunto de operaciones que precede a la operación k, μ_k^s el conjunto de operaciones que antecede a la operación k. entonces en cualquier momento el conjunto de tareas asignables V esta dado por: V={k | todas i $\in \mu_k^p$ y todas j $\in \mu_k^s$ que no han sido asignadas hasta el momento}. Para el caso del diagrama modificado V siempre tendrá un máximo de 2 operaciones.

3. Si el número de operaciones de V es mayor a 1 asigne la operación a la estación de trabajo de manera aleatoria.
4. Si el tiempo asignado a la estación es igual al tiempo de ciclo o ningún tiempo de operación de las operaciones contenidas en V es menor o igual que el tiempo restante en la estación, vaya al paso 5, de lo contrario vaya a
5.
6. l paso 2.
7. ¿Es V=Ø? Si la respuesta es sí, pare y vaya al paso 7. Si la respuesta es no, abra una nueva estación y vaya al paso 2.
8. Calcule los valores de la función objetivo (número de estaciones de trabajo).

9. Si en la primera iteración no se obtiene una solución optima o el resultado esperado, continúe con la reproducción y la mutación para obtener una nueva generación y vaya al paso 2. (Para mas detalles sobre GA's ver Goldenberg (1989))

El balanceo de la célula de manufactura en forma de U obtenido al utilizar el cromosoma 1 mostrado en la tabla 1 se muestra en la figura 2.

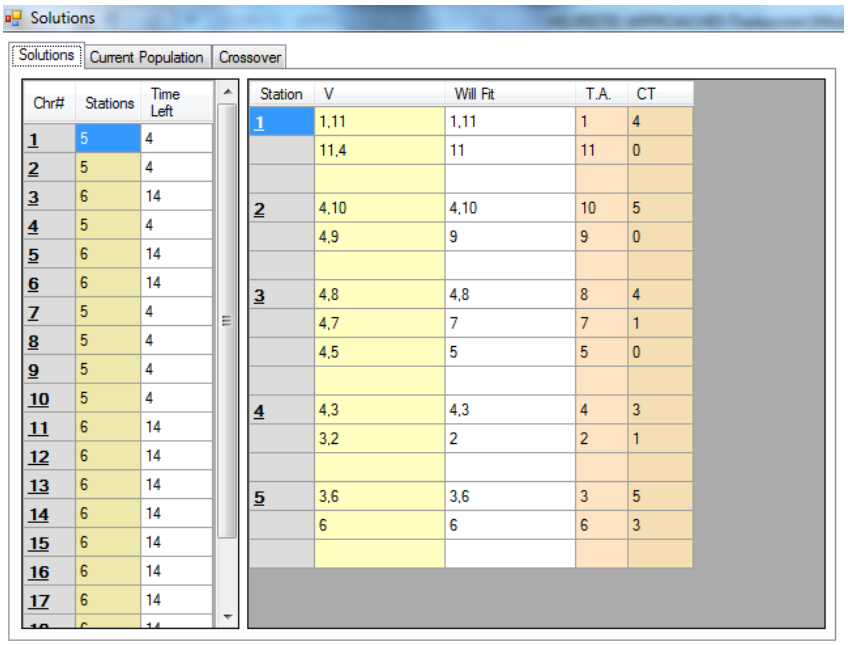


Figura 2: Resultado del PBL en forma de U para el cromosoma 1

Resultados Obtenidos

Se tomaron ocho problemas de la literatura para resolverlos utilizando los 2 métodos. Estos problemas son: Aase Operaciones=9 TC=50, Bowman Operaciones=8 TC =20, Dar-El Operaciones=11, TC=48, Jackson Operaciones=11, TC=10, Johnson Operaciones=5 TC=45, Ponnambalam Aravindan y Naidu Operaciones=12 TC=10, Scholl y Klein Operaciones=12 TC=10 y Tonge Operaciones =21 TC =20. En todos los casos los dos métodos encontraron el número mínimo de estaciones de trabajo teórico en la primera iteración (Suma de todos los tiempos de operación entre el tiempo de ciclo). Por ello se seleccionaron problemas con más operaciones tales como Kilbridge operaciones=45 CT=60 y Simaria y Vilarinho operaciones=25 CT=94 y 4 problemas generados para probar los métodos aquí descritos de 20 30 40 y 50 operaciones. En todos los casos el algoritmo de codificación directa encontró el numero mínimo de estaciones de trabajo teórico en un máximo de 3 iteraciones y el de codificación indirecta en un máximo de 5 iteraciones.

Comentarios Finales

Como pudimos observar el uso de algoritmos genéticos es eficiente y permite encontrar buenas soluciones. El algoritmo de codificación indirecta es relativamente más fácil de implementar que el de codificación directa debido a que la población inicial no requiere del diagrama de precedencia. Por otro lado todo indica que el algoritmo de codificación directa es más eficiente al trabajar con problemas grandes (25 o más operaciones).

Se recomienda continuar con la experimentación para determinar tamaños de población de acuerdo al tamaño del problema. Es importante mencionar que en este tipo de algoritmos no es complicado adicionar múltiples objetivos e incorporarlos al modelo y probar su efectividad. Para ir construyendo algoritmos robustos para solucionar el PBL en forma de U se puede experimentar con el tema de cruce y mutación. En este artículo no fueron abordados pero se consideran de suma importancia para realizar futuras investigaciones.

Referencias

Ajenblit D. A., "Applying Genetic Algorithms to the U- shaped Assembly Line Balancing Problem", Proceedings of the IEEE Conference on Evolutionary Computation, (1992), pp. 96-101.

Aase Gerald R., "algorithms for Increasing Labor Productivity in U-shaped Assembly Systems", PhD Dissertation, Indiana University July 1999.

Bowman E. H. "Assembly Line Balancing by Linear Programming", Operations Research, Vol. 8, (1960), pp. 385-389.
Dar-El, E. M., "Solving Large Single-model Assembly Line Balancing Problem – A comparative Study", AIIE Transactions, Vol. 7, No 3, (1975), pp. 302-306.
Guerriero and Miltenbur J.,"The Stochastic U-Line Balancing Problem", Naval Research Logistic, Vol. 50, No. 1, February 2003, pp. 31-57
Goldberg, D.E., "Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning", Addison-Wesley, USA, 1989.
Held M., R.M. Karp, and R. Shareshian, "Assembly LineBalancing Dynamic Programming with Precedence Constraints", Operations research, Vol. 11, No. 3, (1963), pp. 442-460.
Ignall, E. J., "Review of Assembly Line Balancing" Journal of Industrial Engineering, Vol. 15, No 4 (1965), pp. 244-254.
Jackson J.R., "A Computing Procedure for a Line Balancing Problem", Management Sci., v 2, n 3, (1956), pp 261-272.
Johnson R.V., "Optimally Balancing Large Assembly Lines with 'FABLE'", Management Sci., v 34, n 2, (1988), pp 240-253.
Klein M., "On Assembly Line Balancing", Operations Re search, Vol. 11, (1963), pp. 274-281.
Miltenburg G. J., Wijngaard J., "The U-Line Balancing Problem", Management Science, Vol. 40, No. 10, (1994), pp. 1378-1388.
Martinez U., Duff W.S., "Heuristic Approaches to Solve the U-shaped Line Balancing Problem Augmented by Genetic Algorithms", Proceedings of the 2004 Systems and Information Engineering Design Symposium, (2004), pp 287-293
Ponnambalam, S.G. Aravindan, P. and Naidu, G. M. (2000), "Multi-objective genetic algorithm for solving assembly line balancing problem", International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v 16, n 5, 2000, p 341-352
Simaria A. S., Vilarinho P. M., "A Genetic Algorithm Based Approach to the Mixed-Model Assembly Line Balancing Problem ot Type II", Computers & Industrial Engineering, v 47, (2004) pp 391-407.
Scholl A. and Klein R., "UNLINO: Optimally Balancing U-shaped JIT Lines", Int. J. Production Research, v 37, n 4, (1999), pp 721-736.
Talbot F.B., Patterson J.H. and Gehrlein, "A Comparative Evaluation of Heuristic Line Balancing Techniques", Management Science, v 32, n 4, pp 430-454.
Tonge, Fred M, "Summary of a Heuristic Line Balancing Procedure", Management Science, , v 7, n 1 (1960), pp21-42.
Urban T. L., 'Optimal balancing of U-shaped assembly lines", Management Science, Vol. 44, No. 5, (1998), pp. 738-741.

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

Prueba de confiabilidad para motores de corriente directa bajo un estrés *On/Off*

Ing. Luis Carlos Méndez González[1], Dr. Manuel Arnoldo Rodríguez Medina[2]. Ing. Luis Alberto Rodríguez Picón[3]

***Resumen*—En la actualidad la gran mayoría de los dispositivos eléctricos y electrónicos sufren daños cuando existen variaciones en la corriente eléctrica, causando que su vida útil se vea reducida de manera considerable. En este artículo se muestra un análisis realizado a motores de Corriente Directa (motor CD) cuando estos se someten a un estrés de voltaje *On/Off*. Para realizar el análisis se emplearon las pruebas de vida acelerada, con las cuales es posible obtener datos de experimentación en un tiempo corto. Con la información obtenida del experimento y el empleo de las técnicas de confiabilidad se pudo formular un modelo probabilístico que describe el comportamiento de este tipo de motores bajo este nivel de estrés. Finalmente se presentan las conclusiones derivadas de este análisis y se establecen una serie de recomendaciones para realizar estudios posteriores empleando este tipo de motores.**

***Palabras claves*—Confiabilidad, Pruebas de vida acelerada, Distribución Weibull, Ley de Potencia Inversa, Prototipos.**

Introducción.

La ingeniería de confiabilidad es definida en términos técnicos como la probabilidad de que el rendimiento de un producto no se vea mermado antes de que ocurra una falla bajo condiciones específicas en un cierto periodo de tiempo (Guangbin, 2007). Dada esta definición es fundamental poder conocer y representar el comportamiento de un dispositivo bajo un nivel de estrés seleccionado, con la finalidad de poder predecir el tiempo máximo de garantía o incluso realizar sugerencias para mejorar el diseño y así aumentar el rendimiento del producto.

En este documento se realizó un análisis de confiabilidad a una serie de motores de corriente directa para observar su comportamiento y comprobar si efectivamente el encendido y apagado súbito puede llegar a mermar la vida de este dispositivo. Para comprobar esta hipótesis se han empleado las técnicas de prueba de vida acelerada, las cuales consisten en someter a varios niveles de estrés un número representativo de piezas con la finalidad de obtener información de manera más rápida sin la necesidad de realizar experimentos que pueden tardar más tiempo y quizás puedan requerir un número más grande de piezas (Méndez & Rodríguez, 2010).

Descripción del Método

Selección del estrés y modelo general confiabilidad.

Un paso muy importante que se debe seguir al realizar un análisis de confiabilidad es saber qué tipo de estrés afectará de manera considerable al producto bajo análisis, para ello es vital conocer el funcionamiento del producto con la finalidad de poder obtener información fidedigna para así generar un modelo probabilístico que describa de mejor forma el comportamiento del producto. Por lo tanto el estrés y el modelo de confiabilidad dependerán de qué tipo de información o característica se va a probar en el producto

Dada la naturaleza del dispositivo bajo análisis (Meeker & Escobar, 1998) consideran que una de las formas más comunes de acelerar fallas en los dispositivos eléctricos y electrónicos es el aumento del voltaje. Por eso, es necesario obtener un modelo que puede expresar el comportamiento de vida de los dispositivos en relación con el voltaje que sea aplicado a dichos dispositivos. La ley de Potencia Inversa (o IPL por sus siglas en inglés) es utilizada en pruebas de vida acelerada cuando los dispositivos eléctricos y electrónicos pueden sufrir altas y bajas de tensión, ya sea cuando se encuentren con los clientes o debido a la naturaleza de los mismos productos (Kececioglu, 2002) La IPL es expresada por:

$$L(V) = \frac{1}{KV^n} \tag{1}$$

Dónde:

L = vida medible, tal como vida media, vida característica, etc.

V= nivel de estrés aplicado.

[1] Ing. Luis Carlos Méndez González es ingeniero electrónico y estudiante de posgrado en el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez luis_karlos06@hotmail.com**(autor corresponsal)**

[2] Dr. Manuel Arnoldo Rodríguez Medina es Profesor de posgrado en Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez. manuel_rodriguez_itcj@yahoo.com

[3] Ing. Luis Alberto Rodríguez Picón es ingeniero industrial y estudiante de posgrado en el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez luis.rpalberto@gmail.com

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

K= parámetro del modelo a determinar, (k>0).
n= parámetro a determinar en el modelo.

Experimento

Al seleccionar el estrés y el modelo de confiabilidad se procede a realizar el experimento con el cual obtendremos la información necesaria para formular un modelo probabilístico. Este experimento consistió en someter una muestra de 30 motores de CD (véase la figura 1), divididos en 5 grupos con igual número de unidades y aplicando un voltaje *On/Off* de 15VCD, 18VCD, 21VCD, 24VCD y 27VCD los cuales representan 1.25., 1.5, 1.75, 2 y 2.25 veces el voltaje nominal del motor DC, cada ciclo de voltaje *On/Off* tuvo una duración de 2 segundos.

Para lograr obtener los datos de vida de cada motor puesto bajo análisis se construyó un prototipo, el cual fue el encargado de adquirir y procesar la información de cada motor de CD, en la figura 2 se pude observar el diagrama de bloques del prototipo empleado.

Finalmente en la tabla 1 se pueden observar los resultados obtenidos del experimento realizado a los motores de corriente directa.

Figura 1. Motor DC sometido al experimento de confiabilidad.

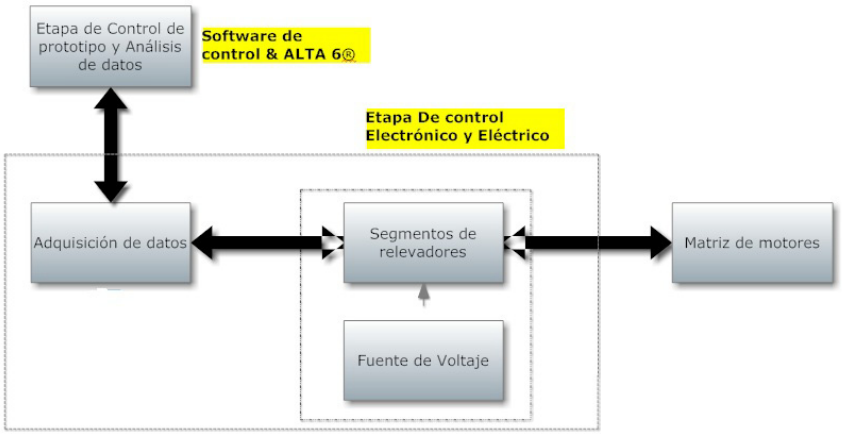


Figura 2. Diagrama de bloques del prototipo.

Desarrollo del modelo

Una vez obtenido los datos de experimentación es necesario saber ¿Que distribución se ajusta mejor a los datos obtenidos del experimento? , para ello se puede realizar una prueba de bondad de ajuste para distintas distribuciones de probabilidad, en la figura 3 se observar la prueba de bondad de ajuste realizada a los datos de la tabla 1. Para determinar la mejor distribución se empleó el criterio Anderson-Darling.

Como se puede notar la distribución que mejor ajusta a los datos de la tabla 1 es una distribución Weibull de 3 parámetros. La distribución de *Weibull* es una de las distribuciones más utilizadas en ingeniería de confiabilidad debido a las diversas formas que adquiere para varios valores de β, por lo que se puede modelar una gran variedad de datos y de vida característica para cualquier tipo de dispositivos que se ajusten a este tipo de distribución. (ReliaSoft, 2001). La distribución *Weibull* se encuentra definida por:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta}\left(\frac{T-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{\left(\frac{T-\gamma}{\eta}\right)^{\beta}} \quad (2)$$

Dónde:
β= Parámetro de forma.

η= Parámetro de escala.
γ = Parámetro de localización.

Tabla 1. Tiempos de falla obtenidos del experimento

Número de Unidad	Estrés aplicado (Volts)	Tiempo de falla (en Horas)	Número de Unidad	Estrés aplicado (Volts)	Tiempo de falla (en Horas)
1	15	845	16	21	545
2	15	851	17	21	699
3	15	834	18	21	579
4	15	798	19	24	511
5	15	861	20	24	487
6	15	822	21	24	521
7	18	754	22	24	442
8	18	700	23	24	401
9	18	722	24	24	468
10	18	691	25	27	321
11	18	776	26	27	315
12	18	801	27	27	376
13	21	596	28	27	357
14	21	645	29	27	289
15	21	621	30	27	265

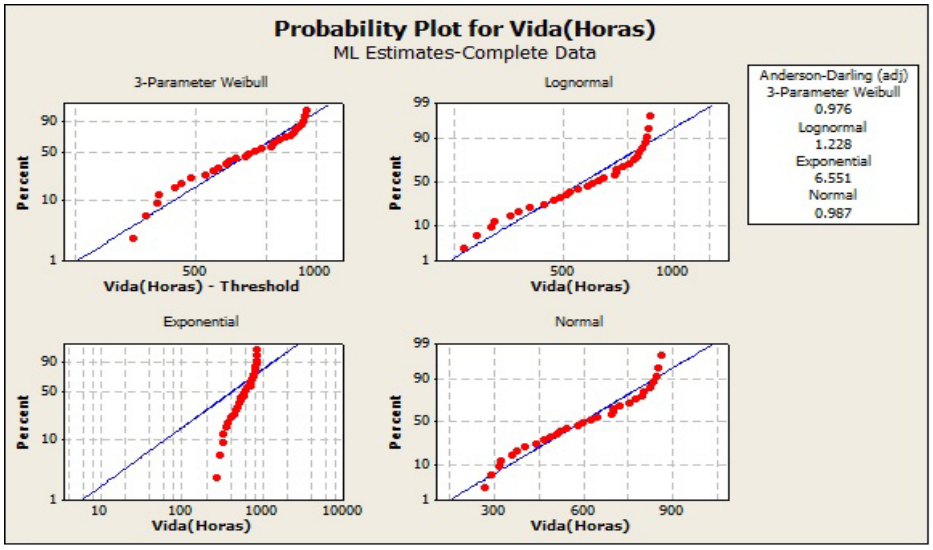


Figura 3. Prueba de Bondad de ajuste para los datos de la tabla1.

Ya conocida la distribución de vida que mejor ajusta los datos obtenidos en el experimento, es necesario buscar el modelo que describirá el comportamiento de nuestro producto. Para ello es necesario combinar el modelo de confiabilidad general y la distribución de vida obtenida. En este caso podemos decir que el modelo que mejor describirá la vida del producto es *IPL-Weibull,* este modelo resulta de combinar las ecuaciones 1 y 2 por lo que queda definido por:

$$f(t,V) = \beta K V^n * (KV^n t)^{\beta-1} * e^{-(KV^n t)^{\beta}} \quad (3)$$

Dónde:
V= nivel de estrés aplicado.
K= parámetro del modelo a determinar, (k>0).
n= parámetro de escala de la distribución Weibull.

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

β= parámetro de forma de la distribución Weibull.
t= representa el tiempo.

La ecuación 3 representa la función de densidad de probabilidad, la cual se emplea para representar las frecuencias relativas de los tiempos de falla como una función de tiempo, es decir representa la velocidad absoluta de falla (Dodson & Schwab, 2006)

Para obtener los parámetros del modelo establecido en la ecuación 3 se puede emplear el criterio de Máxima Verosimilitud, las estimaciones de n, β y K se pueden observar en tabla 2.

Tabla 2. Estimación de los parámetros para la ecuación 3.

Parámetro	Estimación
K	$\mathbf{3.9507\ x\ 10^{-6}}$
n	**1.9867**
B	**8.8968**

Una vez realizada la estimación de los parámetros, los sustituimos en la ecuación 3 y obtenemos

$$f(t,V) = 3.514x10^{-6}V^{1.9867} * (3.9507\ x\ 10^{-7} * V^{1.9867}t)^{7.8968} * e^{-(3.9507\ x\ 10^{-7}V^{1.9867}t)^{8.8968}} \quad (4)$$

Si de la ecuación 4 establecemos V como el voltaje nominal del producto es decir 12 VCD y le asignamos valores a t, podemos representar el tiempo de vida del motor CD, en la figura 4 podemos observar dicha representación.

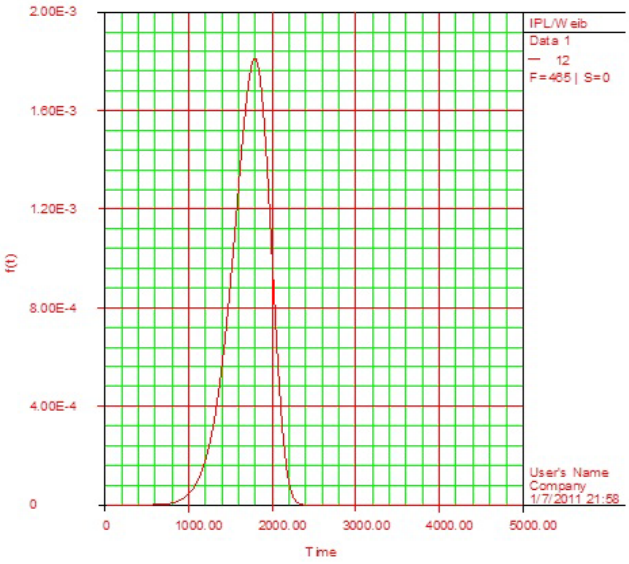


Figura 4. Representación de la función de densidad de probabilidad.

Como se puede observar en la figura 4, los motores CD estrés de voltaje *On/Off* tiene una vida aproximada promedio de 1750 horas a un voltaje nominal de 12 volts, pero esta información podría no ser exacta, por eso se recomienda emplear la función de confiabilidad la cual se define como la probabilidad de que un sistema (o componente) se mantenga funcionando durante un tiempo t (Méndez & Rodríguez, 2010). Para obtener la función de confiabilidad de la ecuación 4, es necesario integrarla desde t hasta infinito y establecer a V=12, por lo que:

$$R(t,V) = e^{-(3.9507\ x\ 10^{-6}12^{1.9867}t)^{8.8968}} \quad (5)$$

En la figura 5 se puede observar la representación de la función de confiabilidad expresada en la ecuación 5.

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM

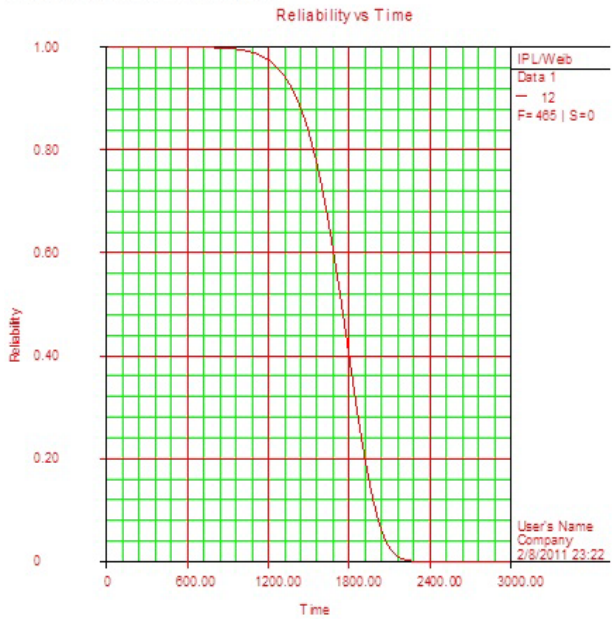


Figura 5. Representación de la función de confiabilidad.

Al establecer un ejercicio podemos ver que los motores CD dejan de ser confiables a partir de las 1800 horas de uso con estrés de voltaje *On/Off*, por lo que podemos establecer una garantía menor a ese tiempo de vida con la finalidad de asegurar que numero de piezas serán las mínimas a reparar por garantía.

Comentarios Finales.

Resumen de resultados.

En este trabajo se estudió el efecto que tiene el estrés de voltaje *On/Off* sobre los motores de corriente directa, Para obtener la información descrita en este documento se emplearon las técnicas de Pruebas de Vida Acelerada y de Ingeniería de Confiabilidad, para lo cual fue necesario diseñar y construir un prototipo que fuera capaz de obtener y analizar los datos de la experimento, para el análisis de los datos se empleó el software Alta Pro V 6.0 y MINITAB. Los resultados de esta investigación incluyen dos modelos de comportamiento y sus respectivas representaciones para entender de mejor manera el objetivo del estudio.

Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran evidencias de que la vida del motor de CD se ve afectado al ser sometido a un estrés de Voltaje *On/Off* y que este comportamiento puede ser descrito por un modelo, el cual se representó en la ecuación 4, a su vez se pudo caracterizar dicha ecuación la cual muestra en las figura 4. Con esta información y al aplicar los conceptos de confiabilidad, se pudo establecer otro modelo, el cual se pudo determinar la probabilidad de funcionamiento del producto en base al tiempo de operación, dicho modelo se presentó en la ecuación 5 y su representación aparece en la figura 5. Finalmente al obtener las ecuaciones 4 y 5 y al revisar las especificaciones del producto se pudo considerar un tiempo máximo de garantía, la cual no deberá de exceder a las 1800 horas bajo este tipo de operación, aunque cabe destacar que esta información podría cambiar ya que para lograr una mejor inferencia sería necesario someter a prueba un número mayor de piezas.

Recomendaciones.

Los investigadores interesados en continuar nuestra investigación podrían concentrarse en analizar los efectos del estrés *On/Off* para distintos tipos de motores que existen actualmente. Podemos decir que hay un abundante campo todavía por explorarse en lo que se refiere al efecto del estrés *On/Off* para ello sugerimos los siguientes puntos:

1. Para el prototipo se propone realizar mejoras al diseño tanto en hardware como en el software con la finalidad de obtener una mejor información para el experimento propuesto.

2. Someter un mayor número motores DC, para poder realizar una mejor estimación de la distribución de vida y de los parámetros del modelo vida-estrés.
3. Involucrar variables como temperatura, corriente, desgaste y carga para obtener un modelo que describa no solo la vida del motor bajo el estrés On/Off, si no que podamos describir el funcionamiento del motor bajo todas esas condiciones que son muy comunes en los motores de DC.
4. Empleando las bases sentadas por esta investigación, se puede generar otro estudio similar si se aplican a otro tipo de motores, como motores paso a paso y motores de corriente alterna, de igual forma el prototipo presentado puede ser empleado sin realizar modificaciones mayores al diseño.

Referencias

Dodson, B., & Schwab, H. (2006). *Accelerated Testing - A Practitioner's Guide to Accelerated and Reliability Testing.* Chicago: Society of Automotive Engineers, Inc.

Guangbin, Y. (2007). *Life Cycle Realiability Engineering.* Hoboken: John Wiley & Sons Inc.

Kececioglu, D. (2002). Reliability and life testing handbook, Volumen 2. In D. Kececioglui, *Reliability and life testing handbook, Volumen 2* (p. 647). Lancaster, Pennsylvania: DEStech Publications,Inc.

Meeker, W., & Escobar, L. (1998). Statistical Methods for Reliability Data. In W. Meeker, & L. Escobar, *Statistical Methods for Reliability Data* (pp. 494-495). Nueva York: Wiley.

Méndez, L., & Rodríguez, M. (2010). Análisis de Confiabilidad para Sensores de Proximidad. *CIPITECH*, 557-564.

ReliaSoft. (2001). *Accelerated Life Testing Reference.* (ReliaSoft, Ed.) Tucson, Arizon, Estados Unidos: Reliasoft Publishing.

Estudio de Factibilidad para un Laboratorio de Ambiental en una Institución de Educación Superior: ITCJ

Diana Leticia Mendoza Castillo, MC[1], Alberto Cárdenas Valenzuela MA,[2], Silvia Moraima Gutiérrez Quintana, MA[3] y Lic. Magdalena Lizeta González Mirano[4]

Resumen— **El Laboratorio de Ingeniería Ambiental del Instituto Tecnológico de Cd. Juárez dio soporte a la Especialización en Ingeniería Ambiental a partir de 1995 (inversión cercana al millón de pesos) y operó hasta el 2002. Una revisión técnica a las instalaciones en el 2004 resulto en una necesidad de inversión de un cuarto de millón de pesos para su reapertura de los cuales se aplicó casi un 30%. Esta investigación muestra, según datos obtenidos en encuesta en el 2007, que las prácticas en este laboratorio se perciben como un valor agregado a los planes de estudio de las licenciaturas y la especialidad, lo que facilitara realizar investigaciones integrales y la sensibilización del futuro profesionista con su entorno, e indirectamente ofrecerle una ventaja competitiva en el campo laboral, beneficios que exceden con calidad el costo del desembolso monetario necesario para su reactivación.**

***Palabras claves*—Ambiental, estudio de factibilidad, integral, profesionista.**

Introducción

Todas las organizaciones buscan ser competitivas y permanecer en un mercado cada vez más cambiante, donde una sociedad globalizada como la nuestra pide satisfactores a sus nuevas necesidades. Estas necesidades son el motor para que las organizaciones, analizando sus bienes y costos, se avoquen a crear los productos y servicios que den respuesta a la demanda actual. Dentro de los múltiples giros que puede tener una organización, se encuentra el de proporcionar servicio educativo a la sociedad y, en el caso particular de esta investigación, la organización con la que se va a trabajar es el Instituto Tecnológico de Cd. Juárez (ITCJ). Hoy en día, el ITCJ compite con las instituciones existentes en la ciudad, en la oferta del servicio educativo que demanda el Estudiante de nivel superior y su fortaleza sobre todas ellas es la de ser una institución pública federal que ofrece educación de calidad a bajo costo. El presente trabajo nace por la inquietud que genera el papel del ITCJ, en el modelo educativo actual, su optimización de recursos, su permanencia como institución y primordialmente, el compromiso que se tiene con la sociedad de formar profesionistas integrales con las competencias que su entorno global requiere.

Considerando lo anterior, en el 2007 se realizo un trabajo de investigación para analizar la viabilidad de un proyecto de inversión para la reactivación del laboratorio de ambiental del Instituto Tecnológico de Cd. Juárez, laboratorio que empezó a operar como soporte a la Especialización en Ingeniería Ambiental en 1995 y ha contribuido con la formación integral de ingenieros ambientales, químicos, biólogos e inclusive licenciados en diversos ramas que han formado parte de la inscripción de la Especialización de Ingeniería Ambiental. Hasta 2002 el laboratorio continuó su función académica. Después de un periodo de poco aprovechamiento, el laboratorio es utilizado nuevamente en la Especialidad de Ingeniería Ambiental y con prácticas a nivel licenciatura que algunos docentes incluyen en la asignatura Desarrollo Sustentable.

El objetivo de la presente investigación fue justificar la reactivación del laboratorio de ingeniería ambiental considerándolo como una herramienta para sensibilizar al futuro profesionista y/o especialista con su entorno desde cuatro dimensiones: académica, institucional, social y económica. En la dimensión académica se justifica el aprovechamiento de las instalaciones del laboratorio para contribuir con la formación académica del Estudiante, mediante prácticas que enriquezcan el servicio educativo del plantel acorde a la política de calidad. La necesidad de este laboratorio en su dimensión institucional, fue contribuir con el objetivo institucional del PIID 2001-2006 de medir y evaluar los efectos en el medio ambiente de la alteración en el ecosistema regional por el desarrollo industrial, el aumento demográfico de la población, la migración y el crecimiento de la zona urbana. En su dimensión social se justifica su reactivación en el fortalecimiento y sensibilización del perfil integral del egresado, además de la vinculación de la institución con la sociedad, al ofertar una opción en servicios de laboratorio ambiental para el mercado regional a través de una institución de calidad reconocida como lo es el ITCJ. Por último

[1] Diana Leticia Mendoza Castillo MC es Profesora del Área de Ciencias Económico Administrativas en el Instituto Tecnológico de Cd. Juárez, Cd. Juárez, Chihuahua. dmendoza@itcj.edu.mx **(autor corresponsal)**
[2] Alberto Cárdenas Valenzuela MA es Profesor de Posgrado en el Instituto Tecnológico de Cd. Juárez, Cd. Juárez, Chihuahua. albertoc@itcj.edu.mx
[3] Silvia Moraima Gutiérrez Quintana, MA es Profesor del Area de Ciencias Económico Administrativas en el Instituto Tecnológico de Cd. Juárez, Cd. Juárez, Chihuahua.sgutierrez@itcj.edu.mx
[4] La Lic. Magdalena Lizeta González Mirano es Profesora del Área de Ciencias Económico Administrativas en el Instituto Tecnológico de Cd. Juárez, Cd. Juárez, Chihuahua. lizzetagonzalez@yahoo.com

en la justificación económica, partiendo de una proyección financiera correcta y con una administración que le de seguimiento, se consideró que la reactivación de este laboratorio es una fuente de ingresos propios para la Institución a través de la prestación del servicio de este laboratorio a la industria y a la sociedad, ingresos que podrán ser utilizados para financiar otros proyectos de investigación del ITCJ.

Descripción del Método

La metodología utilizada para el análisis de la viabilidad de la reactivación del Laboratorio de Ingeniería Ambiental se llevo a cabo con el modelo de proyecto de inversión que propone Gabriel Baca Urbina. No sólo se recopilaron datos cuantitativos, sino también se consideraron factores cualitativos que no pudieron ser medidos financieramente. El procedimiento empleado fue el siguiente:

Estudio de Mercado. Se analizó la demanda estudiantil y docente tanto de licenciaturas como de postgrado, para prácticas ambientales mediante la aplicación de encuestas. Además, ya que el laboratorio puede servir de medio de vinculación con el sector productivo, se recopiló información del sector maquilador y, la demanda que dicho sector tiene de análisis ambientales. Otra información asentada en la investigación fue acerca de las instituciones de educación superior de la región que ofrecen la maestría, especialización o doctorado en ingeniería ambiental. Las fuentes de los datos asentados y las herramientas se utilizaron como apoyo a la investigación en el estudio de mercado fueron entrevistas a los diferentes jefes de departamentos académicos del Instituto, para analizar la necesidad académica de realizar prácticas que sensibilicen al estudiante con la asignatura e indirectamente con su ambiente. También se entrevisto a gerentes de maquiladoras para conocer su demanda de análisis ambientales. Por último, se aplicaron encuestas a posibles candidatos a estudiar la Especialidad en Ingeniería Ambiental.

Estudio Técnico. Este estudio se realizó para recopilar información sobre el estado que guardan las instalaciones del laboratorio al momento de esta investigación, que adquisiciones son las mínimas necesarias para que el equipo reactive su funcionamiento y el tipo de servicios de análisis que se proporcionará en primer lugar como apoyo a las licenciaturas y postgrado y, en segundo término, al sector maquilador. Los datos obtenidos resultaron de inspecciones y evaluaciones realizadas a las instalaciones físicas del laboratorio del ITCJ para conocer su estado actual, sus necesidades de equipo y de personal humano. Los encargados de realizar esas inspecciones fueron personal de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento Cd. Juárez (JMAS) y técnicos de laboratorios de prueba privados del interior de la República. Otros datos se obtuvieron de cotizaciones y presupuestos presentados por proveedores de laboratorios y ambientales a los encargados de la Especialización de Ingeniería Ambiental de la División de Estudios de Posgrado e Investigación, DEPI, con ajuste de precios de acuerdo al Índice Nacional de Precios al Consumidor, INPC, al mes de abril 2007. Información documental adicional del equipamiento de este laboratorio se obtuvo del inventario registrado ante la Dirección General de Educación Superior Tecnológica, DGEST. Datos sobre instalaciones, distribución y área del laboratorio fueron proporcionados por el Departamento de Planeación del ITCJ.

Estudio Organizacional. El conocimiento del tipo de entidad que es el Instituto Tecnológico de Cd. Juárez proporcionó un marco conceptual de las restricciones para inversión externa en el laboratorio, de la forma en cómo se programan las partidas de gastos a nivel institucional y también de las obligaciones que la Institución adquiere con otras dependencias federales al utilizarse para servicios de análisis ambientales externos. Para este estudio se realizaron entrevistas a los jefes de los Departamentos de Recursos Financieros y de Recursos Materiales del ITCJ, se consultó la página de internet de la DGEST y trabajos realizados por la Especialidad de Ingeniería Ambiental de la DEPI. El PIID 2001-2006 fue la fuente de información secundaria que presentó la visión de la Institución a mediano y largo plazo.

Estudio financiero. La información financiera obtenida muestra a las entidades que se han interesado en el laboratorio y sus propuestas, el desembolso económico necesario para reactivar el laboratorio con los requerimientos básicos para llevar a cabo prácticas, tanto en reactivos como en equipo. Se enumeran los factores que influyen en la decisión de invertir o no en la reactivación del laboratorio y otras opciones de utilización del mismo. En el estudio financiero se utilizó la información obtenida de los estudios de mercado, técnico y organizacional, además de las entrevistas a personal técnico de diversos laboratorios y de la JMAS para conocer su interés particular en la reactivación de este laboratorio del ITCJ.

Resultados

Los resultados se presentan en base a los estudios que integran el modelo de proyecto de inversión de Baca Urbina y a los ámbitos de justificación de este trabajo de investigación:

El estudio de mercado se refirió exclusivamente al sector maquilador, donde según datos de la Secretaría de Economía (subdelegación local), existen 312 empresas maquiladoras asentadas en esta ciudad de un patrón de registro nacional de 6,500 (año 2007), las cuales requieren de los servicios de laboratorios de ingeniería ambiental por la importancia y el impacto de sus operaciones en el medio ambiente regional y así cumplir con las normas ambientales de calidad (ISO 14000[5]) que controlan y reglamentan el manejo de los desechos generados por la industria su manejo, traslado y disposición de los desechos generados[6]. Estas empresas deben cumplir con las medidas y requisitos solicitados por diferentes dependencias entre las que se encuentran la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y, trabajar con laboratorios ambientales certificados ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA). En lo que se refiere a la necesidad de análisis realizados por laboratorios ambientales, en específico de aguas residuales, la JMAS obliga al sector maquilador a realizar estudios de los residuos de este tipo, independientemente que en su proceso productivo no esté incluida el agua como materia prima o material indirecto, lo que hace cautivo a este sector del uso de análisis de aguas residuales y por consiguiente, crean una fuerte demanda de estos servicios ya que, además del sector maquilador, están los restaurantes, hospitales, talleres mecánicos, etc. que demandan también el servicio de análisis de laboratorios. La JMAS ofreció al ITCJ que el laboratorio de ingeniería ambiental sirviera de apoyo en sus estudios de aguas residuales, oferta que pudiera generar un flujo económico positivo para el Instituto.

En la demanda académica, el ITCJ ofrece a la comunidad actualmente dos licenciaturas y diez ingenierías a nivel profesional y tres maestrías, una especialización y un doctorado a nivel posgrado. Dentro del nuevo modelo educativo por competencias, Lugo y Hernández (2007) hablan de la incorporación de las asignaturas de ética y el desarrollo sustentable en la retícula de todos los planes de estudio de licenciatura en el Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica (SNEST), asignaturas que involucran al estudiante con su entorno local y global. En las generaciones 2004 y 2005 que cursaron la asignatura "Desarrollo Sustentable", la estudiaron desde un plano teórico bajo la tutela de maestros pertenecientes al Departamento Académico de Ingeniería Industrial, (en ese periodo de tiempo uno de los docentes tenía estudios en Ingeniería Ambiental. En encuesta realizada a participantes del "Ciclo de Conferencias de la Especialidad de Ingeniería Ambiental" (2007), se detectó la necesidad de reactivar el laboratorio para fortalecer con prácticas ambientales la Especialidad de Ingeniería Ambiental (al 2011, esta especialidad ha sido revisada y actualizada). En el nivel de licenciatura, según entrevista efectuada a docentes que imparten la asignatura Desarrollo Sustentable, algunos de ellos acompañan a sus grupos a prácticas demostrativas en el laboratorio buscando que el estudiante aplique los conocimientos adquiridos en el aula e, indirectamente, se sensibilice con la problemática ambiental. Además de la aportación académica y social al perfil del futuro profesionista este laboratorio puede ser un vínculo académico con otras instituciones de la región que ofrecen la especialidad u otros estudios en Ingeniería Ambiental.

La demanda Institucional de este plantel perteneciente al SNEST y a la DGEST, expone en su "Programa Institucional de Innovación y Desarrollo del Instituto Tecnológico de Cd. Juárez 2001-2006" (PIID) el papel y la responsabilidad de la educación superior tecnológica en el desarrollo sustentable de la región de no solo ofrecer una preparación académica de calidad a sus estudiantes, sino de también otorgarles las herramientas para participar en la vida económica del país en forma eficaz y pertinente, de fomentar el sentido de pertenencia a una sociedad que requiere de sus nuevos profesionistas para el mejoramiento de la calidad de vida de todas las personas y sus familias. Aunque la ciudad esta pasando por un periodo de recesión económica, el Instituto se mantiene dinámico al participar en el mejoramiento de la calidad educativa junto con el gobierno y la iniciativa privada formando profesionales con sentido de pertenencia a su comunidad y que aporten sus habilidades para el desarrollo del país; además fortalece, con calidad, sus planes de estudio e instalaciones para proporcionar a sus estudiantes las herramientas necesarias para que contribuyan al desarrollo del país y se integren hoy al mercado globalizado actual. El ITCJ estableció en el PIID 2001-2006 ese compromiso de servicio y menciona en uno de sus objetivos el "contar con la infraestructura, los espacios físicos académicos y recreativos, así como el equipamiento necesario para que el instituto incremente la calidad de la educación y formación integral del educando" (dentro de estos espacios académicos se encuentran los laboratorios).

Los resultados del estudio técnico muestran una superficie del laboratorio de ingeniería ambiental de 164m^2, con una inversión en equipo, maquinaria, cristalería y reactivos de casi el millón de pesos, según cédulas de inventario de la DGEST. Estas instalaciones dejaron de ser utilizadas en el 2002, por lo que la maquinaria y equipo se depreciaron sin ningún beneficio para la Institución; según información recabada (2007), en revisiones a las instalaciones del laboratorio con el apoyo técnico de la JMAS y, posteriormente, de laboratorios privados, se

[5] Sistema de Administración Ambiental para controlar y disminuir impactos contaminantes
[6] La primer maquila a nivel local en certificarse en ISO 14001 y tercera a nivel nacional fue Componentes Eléctricos de Lámparas (Phillips)®

encontró que se tenían las herramientas necesarias para operar nuevamente como laboratorio de apoyo académico y además como analista de aguas residuales prestando el servicio a la comunidad juarense[7] invirtiendo en la actualización de parte del equipo, ya que se tenía la capacidad instalada para llevar a cabo análisis globales de aguas residuales que incluyeran el análisis físico, microbiológico y de absorción atómica. Para el equipamiento completo del laboratorio, incluyendo capacitación, cristalería, electrodos, microscopio y equipo de cómputo, el presupuesto fue de $135,000.00. Al 2007, la inversión realizada era por $40,000 en equipo y reactivos. El recurso humano solicitado en el plan de trabajo 2006 consistía en un jefe de laboratorio, dos ingenieros químicos (tiempos completos) y un muestreador (ya que el ITCJ cuenta con personal con el perfil requerido, solo se considero la necesidad de un curso de capacitación para la plantilla laboral que se asignara al laboratorio).

Organización. El ITCJ es una institución federal con fundamento legal emanado en el artículo 3º de la Constitución de los Estados Unidos Mexicanos; la segunda ley que regula a las instituciones educativas es la Ley General de Educación y el órgano encargado de aplicar dicha ley es la Secretaria de Educación Pública, SEP, quien a su vez crea un órgano rector para todos los institutos tecnológicos: la Dirección General de Educación Superior Tecnológica, DGEST. La operación del ITCJ está regulada directamente por la DGEST, tanto a nivel académico como administrativo. Las restricciones para realizar inversiones, en este caso particular del Laboratorio de Ingeniería Ambiental, están dadas por el manejo que se hace de los recursos financieros de la institución:

- Cada año se prepara el Programa Operativo Anual, POA, donde aparecen todas las partidas de gastos que se realizaran en el año.
- Dentro de dichas partidas de gastos, hay partidas que se consideran restringidas y por las que se debe pedir autorización para ejercerlas a la DGEST.
- Hay además una restricción adicional que surge de la nueva "Ley de Austeridad", en la que se regula el gasto de todas las dependencias federales.

Para poder hacer modificaciones de construcción (en el caso de querer ampliar las instalaciones del laboratorio) se debe trabajar directamente con el IPCE que es la unidad central de construcción para dependencias federales. El ITCJ no maneja contratos de propiedad ya que todas las instalaciones y mobiliario y equipo son propiedad federal.

La opción de solicitar apoyos fiscales para la reapertura del laboratorio, en el caso de esta institución, no aplicaría a corto plazo, ya que el único apoyo fiscal que se recibe es anual y se conoce como *Gasto Directo;* dicha partida financiera que otorga el gobierno federal, a través de sus órganos de trabajo, se entrega a los tecnológicos para fines determinados basados en la localización geográfica y población atendida por la institución.

Dentro de los resultados obtenidos con el estudio financiero, para obtener los ingresos que permitirían la reactivación del laboratorio se deben considerar tres opciones: trabajar con recursos propios de la Institución, trabajar con inversión de la iniciativa privada (las restricciones están dadas por el manejo que se hace de los recursos financieros de la institución) ó, una inversión mixta.

Si se opta en trabajar con recursos propios, se ha justificado con anterioridad que sí existe la necesidad académica e institucional para reactivar el laboratorio ya que tanto los Departamentos Académicos como la División de Estudios de Postgrado e Investigación tienen la necesidad académica de utilizarlo como herramienta para el fortalecimiento de sus perfiles de egreso, ya que los beneficios académicos y de vinculación superan los costos.

Durante el primer semestre 2007, la DEPI recibió dos ofertas para la reactivación que no se concretaron: trabajar con un laboratorio de análisis ambiental local pero el tipo de organización a la que pertenece la institución no permite arrendar ni vender instalaciones y/o maquinaria por ser una institución federal; solo se puede trabajar mediante convenio. Por parte de la JMAS, la propuesta fue que el ITCJ llevara a cabo estudios de análisis físicos de aguas residuales de algunos de sus clientes, proporcionando, la misma Junta, capacitación técnica al recurso humano del laboratorio del Instituto; además de esa capacitación, propuso que por los servicios de análisis subrogados se entregaría una parte proporcional al ITCJ, lo que representaba un flujo económico positivo para el Instituto.

Comentarios Finales

Conclusiones

En base a los planes de estudio vigentes y a la obligatoriedad que tienen las empresas de proteger su entorno, se requiere sensibilizar directamente al Estudiante e indirectamente al personal de la Institución, acerca del impacto que la tecnología tiene en el medio ambiente. Las prácticas de laboratorio ambiental pueden ser herramienta para

[7] Se pueden hacer análisis físicos de agua para agricultura y consumo humano. Un análisis completo de agua incluiría análisis físico, microbiológico y de absorción atómica.

una formación integral del egresado, en armonía con su entorno y con una ventaja competitiva adicional en el campo laboral.

Este laboratorio es un área de oportunidad que el ITCJ debe aprovechar y desarrollar, ya que los servicios de análisis de aguas residuales que puede ofrecer, tienen gran demanda en el mercado regional lo que fortalecerá la vinculación de la institución con la sociedad.

Se justifica su reapertura en los ámbitos académico, institucional, social y económico.

Recomendaciones

Se recomienda a la División de Estudios de Posgrado e Investigación elaborar un procedimiento para la elaboración de trabajos de investigación que guíe a los estudiantes de nivel profesional y de posgrado a realizar escritos con una justificación integral. Ya que las instalaciones del laboratorio están siendo utilizadas, a la fecha, por la Especialidad de Ingeniería Ambiental y algunos grupos de nivel licenciatura, se tiene la oportunidad de que mediante la asesoría de docentes que impartan la asignatura Desarrollo Sustentable o de especialistas ambientales, los trabajos de investigación que elaboren las nuevas generaciones de estudiantes tengan una justificación que impacte su entorno social y ambiental.

Como última recomendación, estando el ITCJ por iniciar el proceso de la certificación en la norma ISO 14000, el Instituto puede desarrollar procedimientos para capacitar y concientizar gradualmente a su plantilla de personal, en la responsabilidad que se tiene como prestadores del servicio educativo, de cuidar el ambiente, las instalaciones y los recursos para que el Estudiante reciba un servicio de calidad acorde a una institución de educación superior acreditada.

Referencias

Baca Urbina G.”Evaluación de Proyectos”. McGraw-Hill. México, 2006.

DGEST.” Preguntas Frecuentes del SNEST”. Consultado por internet el 30 de abril del 2007. Dirección de internet: http://www.dgest.gob.mx/portal/index.php?option=com_content&task=view&id=61&Itemid=80.

DGEST Coordinación Sectorial de Planeación y Desarrollo del Sistema. *Estadística Básica ITCJ*. Cd. Juárez, Chihuahua, Mex. 2006

DGEST . Programa de asignatura *“Desarrollo Sustentable”* .Torreón, Coahuila, Mex. 2004

División de Estudios Profesionales. Propuesta “Especialidad en Ingeniería Ambiental EIAM-2005-16” Instituto Tecnológico de Cd. Juárez, abril 2007.

Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez. “Programa Institucional de Innovación y Desarrollo del Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez 2001-2006”, Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez,. Cd. Juárez, Chih., Mex. 2003.

Lugo, A. y Hernández, M. “Los argumentos de un enfoque interdisciplinario”. *Odiseo, revista electrónica de pedagogía*, 5, (9), 2007, consultada por internet el 3 de febrero del 2011.Direccion de internet: http://www.odiseo.com.mx/2007/07/lugo.hernandez-interdisciplinario.html

Sapag Chain N. y Sapag Chain R. *“Preparación y Evaluación de Proyectos”*. McGraw –Hill. 2003.

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

REGULACIONES EN MATERIA DE GOBIERNO CORPORATIVO EN EL ÁMBITO DE LA RESPONSABILIDAD SOCIAL DE LAS EMPRESAS

Dr. Manuel de Jesús Moguel Liévano[1], Dr. Adán Valles Chávez[2] y Dr. Sabino Velázquez Trujillo[3]

Resumen. **El presente artículo trata sobre el Gobierno Corporativo, tema ubicado en el centro de la atención tanto de instituciones internacionales, gobiernos de Estados, organizaciones privadas y centros de investigación, por su incidencia en los fenómenos dominantes del escenario económico actual, como son la responsabilidad social empresarial, el desarrollo sustentable y la globalización. El ensayo se inscribe dentro de un trabajo de investigación que los autores desarrollan sobre Responsabilidad Social de las Empresas, ubicando la dimensión gobierno corporativo como uno de los aspectos fundamentales de estudio, que adquiere un auge inusitado a partir de los escándalos financieros en Estados Unidos y Europa durante los años 2001, 2002 y 2007, principalmente. El análisis de las regulaciones en materia de gobierno corporativo representa un apartado fundamental para entender la dinámica de las relaciones comerciales entre las grandes corporaciones mundiales con los países donde éstas tienen presencia, y su ineludible responsabilidad en torno de las comunidades donde actúan. Las regulaciones analizadas emanan especialmente de los organismos supranacionales, como la OCDE, la OIT, y la ONU.**

Palabras clave: Gobierno Corporativo; Regulaciones nacionales e internacionales; Responsabilidad social de las empresas; Ley *Sarbaney- Oxley*

Introducción.

En el estudio de las organizaciones, pocos son los autores que proponen las dimensiones de gobierno y administración en paralelo. El primero se refiere a los órganos de gobierno de la organización, cuyo Gobierno Corporativo, está constituido habitualmente por la Asamblea de Accionistas, el Consejo de Administración, la Dirección General y el Consejo de Vigilancia, reuniendo a los principales dirigentes para tomar decisiones de orden estratégico, así como el monitoreo y control del desempeño general de la empresa.

El tema del gobierno corporativo recupera su importancia con los estudios de la Responsabilidad Social de las Empresas, con un auge inusitado a partir de los años noventa, gracias a diversos eventos que despertaron el interés de las autoridades y organismos internacionales, principalmente en aspectos de regulación, controles financieros y ética corporativa. Los cuerpos de directores son los responsables del gobierno de la compañía (Informe Cadbury, 1992). Con algunos trabajos durante los años noventa, es alrededor del año 2000 cuando encuentra una verdadera explosión en las investigaciones, ligadas con las disposiciones legales, las cuestiones financieras y los aspectos de la ética.

I. Regulaciones nacionales.

Los asuntos relacionados con la regulación de gobierno corporativo están estrechamente ligados con los aspectos de la estructura. Mejor dicho, ésta es sugerida en las leyes sobre sociedades mercantiles, las leyes de mercados de valores y otras disposiciones para sociedades cotizadas en bolsa.

En cada país la legislación en materia de órganos de gobierno en las organizaciones ha evolucionado de acuerdo a la dinámica industrial, comercial y financiera con la finalidad de normar las relaciones entre los actores. En Estados

[1]Dr. Manuel de Jesús Moguel Liévano es Profesor de la Facultad de Contaduría y Administración en la Universidad Autónoma de Chiapas, México. moguel_lievano@hotmail.com

[2]El Dr. Adán Valles Chávez, es Maestro-investigador de la División de Posgrado e investigación del Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, Chihuahua. valles_adan@hotmail.com. **(autor corresponsal).**

[3] El Dr. Sabino Velázquez Trujillo es profesor de Tiempo Completo en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, y Profesor de la FCyA C-I de la Universidad Autónoma de Chiapas, México. sabinovelazquez1@hotmail.com.

NOTA: Los autores pertenecen a la Red Temática de Investigación "Desarrollo Organizacional y Empresarial" formada por cuerpos académicos de la Universidad Autónoma de Chiapas, de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, y del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, y del Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, Chihuahua.

Unidos, por ejemplo, la más antigua legislación sobre corporaciones es la *Sherman Antitrust Act* (1890), y para llegar a la más reciente, la *Sarbanes-Oxley Act* (2002), se decretaron ocho leyes en ese lapso (Green, 2005).
En México la Ley de Sociedades Mercantiles data de 1934, cuya modificación más reciente fue en 2006. La Ley del Mercado de Valores de 2005, reformada en 2007, viene a suplir diversas leyes en materia de valores financieros.
En Francia, la legislación económica y financiera se ha actualizado durante los últimos años con la finalidad de estar acorde a las nuevas tendencias de transparencia, rendición de cuentas y responsabilidad social corporativa, de manera similar a las leyes antes mencionadas. En 2001 se emite la Ley sobre Nuevas Relaciones Económicas, basada en reformas a diversas leyes, principalmente al código monetario y financiero. Incluye la obligación para las empresas cotizadas de mencionar en su reporte anual "la manera como la sociedad (empresa) toma en cuenta las consecuencias sociales y medioambientales de su actividad" (artículo 116).

En 2003 se publica la Ley sobre Seguridad Financiera, con la finalidad de modernizar las autoridades de mercado financiero, también mediante modificaciones al código monetario, financiero y al código de seguros.

En España, la normatividad en relación con los órganos de gobierno se estipula en la Ley de Sociedades Anónimas de 1989, complementada con la Ley Financiera de 2002.

Entre las leyes más influyentes en el tema de gobierno corporativo, tanto en la práctica de los negocios como en el ámbito académico, se encuentra la Ley Sarbanes-Oxley de 2002 de Estados Unidos, por tal motivo, es menester hacer un comentario adicional.

La Ley Sarbanes-Oxley o *Ley para la protección de los inversionistas* a través del mejoramiento de la exactitud y fiabilidad de los informes corporativos siguiendo las leyes de seguridad y de otros propósitos, es el instrumento legal propuesto por el diputado Michael G. Oxley y el Senador Paul S. Sarbanes en el Congreso estadounidense, como respuesta a una serie de escándalos corporativos que afectaron a varias empresas a finales del 2001, como el caso Enron. También se le conoce como SOX[4].

Inicia con la creación del consejo de vigilancia de las compañías de contabilidad pública (el Consejo) para las empresas cotizadas en bolsa en Estados Unidos. El Consejo, señala, es un cuerpo corporativo, opera como una corporación sin fines de lucro, y continúa hasta ser disuelto por una ley del Congreso. Hace énfasis en el establecimiento del Consejo, el estatus, las funciones, la membresía del Consejo (se compone de cinco miembros, con una duración de cinco años), las formas de nombramiento, los poderes, las reglas y los reportes.

Se refiere al registro del Consejo ante la Comisión de la Ley de Seguridad de Cambios, para la inspección del funcionamiento del Consejo. Alude a la auditoría, al control de calidad, los estándares éticos y reglamentos de independencia; a los procedimientos y gestión, a la conservación de documentos.

Continúa con la Comisión de supervisión del Consejo, la responsabilidad general de supervisión, las reglas del Consejo, la revisión de la Comisión de las acciones disciplinarias tomadas por el Consejo, censuras al Consejo y otras sanciones. La independencia del auditor, el ámbito de servicios del auditor, los requisitos preaprobatorios, la rotación de socios de auditoría, los informes del auditor, los conflictos de interés, el estudio de la rotación obligatoria de las firmas de contadores públicos registrados, y la autoridad de la Comisión.
Decreta el tema de la responsabilidad corporativa; los aspectos de los comités de la compañía de auditoría pública, la responsabilidad corporativa por los informes financieros, las influencias impropias en la conducción de auditorías, las reglas de responsabilidad profesional para los abogados.
La ampliación de los informes financieros, los informes en reportes periódicos, las previsiones de conflictos de interés, los informes de las transacciones que involucran al gerente y accionistas principales, la evaluación de la gerencia de los controles internos, los códigos de ética para los directivos. Los conflictos de intereses del analista, el tratamiento de los analistas de valores para las asociaciones de valores y bolsas de valores nacionales.
Se refiere a los estudios e informes de la *Oficina general de contabilidad* (GAO, siglas en inglés) sobre la consolidación de firmas de contabilidad pública, el estudio e informe de la Comisión respecto de las agencias calificadoras de crédito. La responsabilidad corporativa por fraude penal; la responsabilidad penal por adulteración de documentos, la protección para los empleados de compañías públicas registradas que proporcionan evidencia de fraude, y los castigos penales para accionistas defraudadores de compañías públicas registradas.
La responsabilidad penal para delitos de *cuello blanco*; los intentos y conspiraciones para cometer fraudes, la responsabilidad de la compañía por los informes financieros y cambios, y las represalias contra los informantes, entre otras disposiciones.

Además de la regulación oficial en cada país, a través de las leyes y reglamentos, existe un conjunto de disposiciones normativas de gobierno corporativo, incluyendo códigos de ética y prácticas de buen gobierno, elaborados tanto por iniciativa de organismos oficiales como de organizaciones empresariales. En este sentido, el

[4] Federal Financial Institutions Examination Council. www.ffiec.gov/,consultado 23 de enero de 2008.

Instituto Europeo de Gobierno Corporativo (ECGI, siglas en inglés), ha logrado recopilar un número importante de documentos tales como códigos, principios y recomendaciones, provenientes de diversos países[5].

En un análisis somero de esta publicación realizado a principio de 2008, se encuentra que entre los 65 países registrados, se incluyen 167 códigos, principios, normas y prácticas de buen gobierno, destacando los siguientes: Inglaterra cuenta con 20 documentos normativos, Estados Unidos con 12, Alemania con 11; Australia con nueve; Canadá y España con siete documentos cada uno; y Francia con seis.

A continuación, se mencionan algunos documentos relevantes en cada país.

Inglaterra: *The Combined Code on Corporate Governance* (junio de 2006), *Corporate Governance: A Practical Guide* (agosto de 2004), *Code of Good Practice* (enero de 2001), *Cadbury Report* (diciembre de 1992).

Estados Unidos: *Asset Manager Code of Professional Conduct* (noviembre de 2004), *Final NYSE Corporate Governance* (noviembre de 2003), *Principles of Corporate Governance* (mayo de 2002).

Alemania: *German Corporate Governance Code* (junio de 2007), *Corporate Governance Code for Asset Management Companies* (abril de 2005); *Gesetz zur Kontrolle und Transparenz im Unternehmensbereich* (1998).

Australia: *Revised Corporate Governance Principles and Recommendations* (agosto de 2007), *Corporate Governance: A Guide for Fund Managers and Corporations* (diciembre de 2002), *Bosch Report* (1995).

Canadá: *Corporate Governance: Guide to Good Disclosure* (enero de 2006), *Beyond Compliance: Building a Governance Culture* (Saucier Report) (noviembre de 2001), *Where Were The Directors? Guidelines for Improved Corporate Governance in Canada* (The Toronto Report (diciembre de 1994).

II. Regulaciones internacionales.

En relación con las regulaciones internacionales, éstas se refieren a las disposiciones emitidas por los organismos supranacionales moderadores de la convivencia en armonía entre las naciones, de las relaciones de trabajo y comerciales en el mundo, tales como la ONU, la OIT, la OCDE, y la UE. Ente ellas encontramos las siguientes, que por su cobertura global merecen un comentario en lo general.

1. Disposiciones de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE)[6].

A) Declaración sobre inversión internacional y empresas multinacionales. Adoptada en 1976, con revisiones en 1979, 1984, 1991, 2000 y 2007, se refiere a los siguientes aspectos en forma general: 1. Principios directrices para empresas multinacionales. Se recomienda a las empresas multinacionales que operan en territorios internacionales la observancia de estos lineamientos que deben elaborarse bajo las bases de las Directrices que forman parte de esta Declaración; 2. Tratamiento nacional. Los gobiernos miembros deben proporcionar a las empresas que operan en sus territorios, un tratamiento resultante de sus prácticas legales y administrativas, no menos favorable que para las compañías nacionales, en condiciones similares; 3. Obligaciones incompatibles. Cooperar entre todos con la finalidad de evitar la imposición de obligaciones contradictorias a las empresas multinacionales; 4. Estímulos y obstáculos a la inversión internacional. Reconocer la necesidad de reforzar su cooperación en el campo de las inversiones extranjeras directas; 5. Procedimientos de consulta. Estar preparados para ser consultados sobre las cuestiones arriba señaladas de conformidad con las decisiones del Consejo; 6. Revisar las cuestiones arriba descritas periódicamente con la finalidad de mejorar la eficacia de la cooperación económica internacional entre los gobiernos.

B) Principios para el gobierno corporativo. Elaborados en 1999, con reformas en 2004, en relación con las disposiciones siguientes acerca del marco para el gobierno corporativo: 1. Garantizar la base de un marco eficaz para el gobierno corporativo; 2. Los derechos de los accionistas y funciones clave en el ámbito de la propiedad; 3. Tratamiento equitativo de los accionistas; 4. El papel de las partes interesadas en el ámbito del gobierno corporativo.

5. Divulgación de datos y transparencia; 6. Las responsabilidades del Consejo.

C) Líneas directrices para empresas multinacionales, elaboradas en el año 2000, son recomendaciones emitidas por los gobiernos. Enuncian normas voluntarias para una conducta empresarial responsable compatible con las leyes aplicables, garantizando que las actividades se desarrollen en armonía con las políticas públicas, y mejorar la contribución de las empresas multinacionales al desarrollo sustentable. Las Directrices forman parte de la Declaración de la OCDE sobre inversión internacional y empresas multinacionales, y contemplan, entre otros, los siguientes aspectos: 1. Conceptos y principios; 2. Principios generales; 3. Publicación de informaciones; 4. Empleo y relaciones laborales; 5. Medio ambiente; 6. Lucha contra la corrupción; 7. Intereses de los consumidores; 8. Ciencia y tecnología; 9. Competencia; y 10. Fiscalidad.

[5] La información se encuentra disponible en el sitio Internet de European Corporate Governance Institute. www.**ecgi**.org/, consultado el 31 de enero de 2008.

[6] Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), www.oecd.org/, consultado 30 de marzo de 2008.

2. Disposiciones de la Organización Internacional del Trabajo (OIT)[7].

A) Declaración tripartita de principios sobre las empresas multinacionales y la política social, aprobada en 1977 con enmiendas en el 2002. Contiene principios en materia de empleo, formación profesional, condiciones de trabajo y de vida, y relaciones laborales. Su aplicación es voluntaria para los gobiernos, las organizaciones de empleadores y de trabajadores, y para las empresas multinacionales. Las principales disposiciones son las siguientes.

a) Política general. Todas las partes referidas en esta Declaración deben respetar los derechos soberanos de los Estados, respetar las prácticas locales, las normas internacionales aplicables, la Declaración Universal de Derechos Humanos, la Constitución de la OIT y sus principios. Las empresas multinacionales deben considerar los objetivos de la política general establecida en los países en que realizan sus operaciones.

b) Empleo, los gobiernos y las empresas multinacionales deben observar los siguientes puntos: Promoción del empleo con el objeto de estimular el desarrollo económico; aplicación de políticas para promover la igualdad de oportunidades y de trato en el empleo; seguridad del empleo y las obligaciones en materia de seguridad social; políticas para la formación de profesionales en todos los niveles.

c) Condiciones de trabajo y de vida, matizando los siguientes aspectos: Salarios, prestaciones y condiciones de trabajo y de vida dignos; respetar la edad mínima de admisión al trabajo; aplicación de normas adecuadas en materia de seguridad e higiene.

d) Relaciones de trabajo. Normas favorables para los trabajadores relacionadas con: Libertad sindical y derecho de sindicación de los trabajadores; derecho a la negociación colectiva de acuerdo con la legislación y la práctica nacionales; sistemas para asegurar consultas regulares sobre las cuestiones de interés mutuo; examen de las reclamaciones; establecer organismos de conciliación para la solución de los conflictos laborales.

B) Declaración relativa a los principios y derechos fundamentales en el trabajo, adoptada en junio de 1998, y sustentada, entre otras, en las siguientes consideraciones: la justicia social es básica para garantizar una paz universal y permanente; el crecimiento económico es esencial para asegurar la equidad y el progreso social; movilizar todos sus medios de acción normativa y de cooperación técnica, y prestar atención a los problemas de personas con necesidades sociales especiales. Los Principios son expresados de la siguiente manera.

A) La Conferencia Internacional del Trabajo:

1. Recuerda que: a) al incorporarse libremente a la OIT, los miembros aceptan los principios y derechos enunciados en su Constitución y en la Declaración de Filadelfia de 1944; y b) esos principios y derechos han sido desarrollados en forma de derechos y obligaciones específicos.

2. Declara que todos los miembros tienen el compromiso de respetar, promover y hacer realidad, los principios relativos a los derechos fundamentales.

3. Reconoce la obligación de la OIT de ayudar a sus miembros a alcanzar esos objetivos.

4. Decide poner en marcha un seguimiento promocional.

5. Exhorta a que las normas de trabajo y su seguimiento no deben utilizarse con fines comerciales proteccionistas, ni de modo diferente con dichos fines.

B) Seguimiento de la Declaración.

I. Objetivo general. Alentar los esfuerzos de los miembros de la OIT con vistas a promover los principios y derechos fundamentales consagrados en esta Declaración.

II. Seguimiento anual relativo a los convenios fundamentales no ratificados.

III. Informe global.

IV. Queda entendido que se examinan las enmiendas a sus reglamentos.

C) Normas internacionales del trabajo: reglas de juego para la economía global, aprobadas en el 2005, son instrumentos jurídicos que establecen principios y derechos básicos en el trabajo. Las normas se dividen en *convenios*, tratados internacionales o *recomendaciones*, que actúan como directrices.

Los temas comprendidos en las normas internacionales del trabajo son los siguientes: Libertad sindical, negociación colectiva y relaciones de trabajo; trabajo forzoso; eliminación del trabajo infantil y protección de los niños y los menores; igualdad de oportunidades y de trato; consultas tripartitas; administración e inspección del trabajo; política y promoción del empleo; orientación y formación profesionales; seguridad en el empleo; salarios; horas de trabajo; seguridad y salud en el trabajo; seguridad social; protección de la maternidad; política social; trabajadores migrantes; gente de mar; pescadores; trabajadores portuarios; pueblos indígenas y tribales; categorías específicas de trabajadores; convenios sobre los artículos finales.

3. Disposiciones de la Organización de las Naciones Unidas ONU[8]***.***

[7] Organización Internacional del Trabajo, **OIT,** www.ilo.org/global/. Consultado el 22 de enero de 2008.

Los Diez principios del pacto mundial. Aprobados en julio de 2000, están inspirados en la Declaración universal de los derechos del hombre, la Declaración relativa a los principios y derechos fundamentales del trabajo, la OIT y el Acuerdo de la ONU contra la corrupción. Se refieren a los siguientes puntos.

I) De los derechos del hombre: 1. Las empresas deben promover y respetar la protección de los derechos humanos proclamados internacionalmente en su esfera de influencia, y; 2. Asegurarse porque sus propias compañías no se vuelvan cómplices de violaciones de los derechos del hombre.

II) De las normas de trabajo: 3. Las empresas deben respetar la libertad de asociación y reconocer los derechos de negociación colectiva; 4. La eliminación de todas las formas de trabajo forzado u obligatorio; 5. La abolición efectiva del trabajo infantil; y 6. La eliminación de la discriminación en materia de empleo y de profesión.

III) Del medio ambiente: 7. Las empresas deben aplicar medidas preventivas frente a los problemas del medio ambiente; 8. Deben emprender las iniciativas para promover una mayor responsabilidad en materia de medioambiente; y 9. Favorecer el desarrollo y la difusión de tecnologías respetuosas del medio ambiente.

IV) De la lucha contra la corrupción: 10. Las empresas deben actuar contra la corrupción bajo todas sus formas, comprendiendo la extorsión de dinero y el soborno.

Además de las regulaciones nacionales e internacionales de carácter oficial, concurren un conjunto de normas emitidas por comisiones constituidas *exprofeso* o por organizaciones no gubernamentales, la mayoría de ellas con una gran influencia en el ámbito empresarial, llegando a constituirse como referentes necesarios en el tema de gobierno corporativo. Entre ellas se encuentran las siguientes.

- Informe Cadbury (*Committee on the Financial Aspects of Corporate Governance and Gee and Co. Ltd.*) (1992) *Report of the Committee on The Financial Aspects of Corporate Governance,* en Inglaterra.
- Informe Vienot I (1995) *Le Conseil d'Administration des Sociétés Cotées, Association Française des Entreprises Privées* (AFEP) y *Mouvement des Entreprises de France* (MEDEF).
- La Declaración de los Principios de Gobierno Corporativo de *International Corporate Governance Network* (ICGN), creado en 1995.
- El Instituto Ethos de Empresas y Responsabilidad Social, en Brasil, fundado en 1998.
- Código Olivencia de Buen Gobierno (1998) El Gobierno de las Sociedades Cotizadas, en España.
- Informe Vienot II (1999) *Rapport du Comite sur le Gouvernement d'Entreprise. Association Française des Entreprises Privées* (AFEP) y *Mouvement des Entreprises de France* (MEDEF).
- El compendio de códigos y principios de gobierno corporativo de ECGI, creado en el 2002.
- La Norma FORETICA/SGE 21/2002, creada en España en 2002.
- Informe Winter (2002) *Report of the High Level Group of Company Law Experts on a Modern Regulatory Framework for Company Law in Europe*. Bruselas, Bélgica establecido por la Unión Europea.
- Informe Aldama (2003) Informe de la comisión especial para el fomento de la Transparencia y seguridad en los mercados y en las sociedades cotizadas, en España.
- La Declaración de los Principios Globales de la Responsabilidad del Gobierno Corporativo del Sistema CalPERS, en California, elaborada en 2007.

Conclusiones

Los estudios sobre gobierno corporativo reciben mayor atención a raíz de las preocupaciones relacionadas con los temas de Responsabilidad Social de las Empresas en el entorno económico actual, y se augura un mayor interés en las investigaciones respecto de su estructura, procesos y normas en los ámbitos legal y ético-moral.

El estudio de los órganos de gobierno corporativo es abordado con mayor frecuencia desde los aspectos legal y estructural, y bien poco conocemos de sus procesos y funciones, el perfil de sus integrantes, y sus formas de incorporación, motivando que su responsabilidad en el desempeño de la organización se diluya.

Por su amplia tradición capitalista y empresarial, Estados Unidos e Inglaterra son pioneros en la práctica y en los estudios al respecto, a partir de la propuesta de la separación de la propiedad y el control en los años treinta, y de la teoría de la agencia en los setenta, matizando la responsabilidad social de las empresas, con enorme influencia en los países avanzados tecnológicamente.

En las naciones en desarrollo, a la par del rezago industrial está el atraso en la cultura empresarial, es decir, se observa natural la simbiosis dueño/gerente, coexistiendo en una misma persona ambas facetas, resultando difícil proponer su disociación, con las consecuencias que acarrea en el desempeño de la organización. Los órganos de gobierno corporativo en estos países, representan instancias sin mayor trascendencia, son utilizados para validar las

[8] Organización de las Naciones Unidas, ONU www.un.org/. Consultado el 21 de enero de 2008.

decisiones del dueño o funcionario del mayor nivel jerárquico en la organización, acentuando de esta manera, la desconfianza de las partes interesadas.

Hoy día, la mayoría de las modernas filosofías y prácticas administrativas, promueven el logro de la excelencia y la calidad en las actividades de la organización, sentando las bases de sus propuestas en la aceptación y apropiación por parte de los directivos, con la finalidad de influir en efecto cascada hacia los demás niveles de la jerarquía organizacional.

Referencias bibliográficas

Aoki, Masahiko (2004) *Comparative Institucional Análisis of Corporate Governance.* En: **Grandori,** Anna (2004) *Corporate Governance and Firm Organization.* Oxford University Press, Great Bretain.
Berle, Adolph A. y Gardiner C. Means (1991) *The Modern Corporation and Private Property.* Transaction Publishers, New Brunswick, USA.
Caby, Jerome, Hirigoyen Gérard (205) *Création de valeur et gouvernance de l'entrepirse.* 3a ed., Económica. Paris.
CalPERS, Sistema de retiro de los empleados públicos de California, www.calpers.ca.gov. Consultado el e de febrero de 2008.
Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (2008) *Ley General de Sociedades Mercantiles*. Texto vigente, última reforma publicadal
Charreaux, Gérard, Peter Wirtz (2006) *Gouvernance des enterprises : nouvelles perspectives.* Recherche en Gestion. Ed. Economica, Paris.
Clark, Thomas (2005) *Theories of Corporate Governance,* 2a ed. Routledge, Great Britain.
Código Olivencia de Buen Gobierno (1998) *El Gobierno de las Sociedades Cotizadas,* España.
ECGI, European Corporate Governance Instituto. www.**ecgi**.org/. Consultado el 31 de enero de 2008.
Federal Financial Institutions Examination Council. www.ffiec.gov/. Consultado 23 de enero de 2008. Ley Sarbanes-Oxly.
Green, Scout (2005) *Sarbanes-Oxley and de Board of Directors: Techniques and best Practices for Corporate Governance.* John Wiley & Sons, United States of America.
ICGN, International Corporate Governance Network, www.**icgn**.org. Consultado el 25 de febrero de 2008.
Informe Aldama (2003) *Informe de la comisión especial para el fomento de la Transparencia y Seguridad en los Mercados y en las Sociedades Cotizadas*. España
Informe Cadbury (1992) *Report of the Committee on The Financial Aspects of Corporate Governance.* London.
Informe Vienot II (1999) *Rapport du Comite sur le Gouvernement d'Entreprise.* Association Française des Entreprises Privées (AFEP) y Mouvement des Entreprises de France (MEDEF).
Informe Winter (Report of the High Level Group of Company Law Experts on a Modern Regulatory Framework for Company Law in Europe), Brussels, 2002.
Jensen, C. Michael y William H. Meckling (1976) *Theory of the Firm: Managerial Behavior, Agency Costs and Ownership Structure.* Journal of Financial Economics, October, 1976, V. 3, No. 4, USA.
Kim, Kenneth A., Nofsinger John R. (2007) *Corporate Governance.* 2a. ed. Pearson, USA.
Ley del Mercado de Valores de México (de 2005, reformada en junio de 2007)
Leyes de Francia http://www.legifrance.gouv.fr , consultado el día 20 de abril de 2008
OCDE (2003) *Fundaciones filantrópicas y cooperación al desarrollo*. Extracto del Diario del CAD (Comité de Ayuda al Desarrollo) de 2003, Volumen 4, Nº 3. www.oecd.org/, consultado 30 de marzo de 2008.
ONU, Organización de las Naciones Unidas, www.un.org/. Consultado el 21 de enero de 2008.
OIT, Organización Internacional del trabajo. www.ilo.org/global/. Consultado el 22 de enero de 2008.
Pérez, R. (2003) *La gouvernance de l'entreprise.* La Découverte, Paris.
Ploix, Hélène (2006) *Governance de l'enterprise : pour tours dirigeants, administateurs e investisseurs.* 2. ed, Colección HEC Ejecutive MBA Paris, Pearson Education, France Press.
Pound, John (2000) *The Promise o the Governed Corporation.* En: *Harvard Business Review on Corporate Governance.* 6a. edición HBS Press. USA.

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

ÉTICA Y NEGOCIOS: UN DILEMA PERENNE EN LAS ORGANIZACIONES

Dr. Manuel de Jesús Moguel Liévano[1], Dr. Hilario Laguna Caballero[2] y Dr. Sabino Velázquez Trujillo[3]

Resumen. **La economía clásica ha omitido toda referencia a la presencia del factor humano en las organizaciones, hasta la llegada de los estudiosos de la conducta ya entrado el siglo XX. La inclinación de las personas por obtener riquezas encuentra en la realización de las actividades económicas su espacio natural. Sin embargo, es preciso que el empresario, a la par de incrementar su capital, pueda pensar en las necesidades de las partes interesadas en su empresa. Entonces, razón económica y razón ética parecen ser compatibles. Esta última idea representa un verdadero dilema no solamente para los empresarios, sino también para los gobiernos y organizaciones civiles en defensa de los derechos humanos, generando los escenarios desde las instituciones supranacionales –ONU, OIT, OCDE, CE Y ONG`s– para normar el comportamiento ético de los hombres de negocios y funcionarios públicos.**

Palabras clave: ética organizacional, comportamiento humano, razón ética, implicaciones profesionales.

Introducción.

La práctica y el estudio de la ética es uno de los campos del conocimiento con mayores referencias en la historia de la humanidad. Varios siglos antes de nuestra era, las civilizaciones egipcia, hebrea, mesopotámica, china, hindú, griega y muchas más, en el marco de sus dogmas religiosos, establecían disposiciones encaminadas a regular los actos humanos desde el plano de la moral, que enseña a distinguir entre lo bueno y lo malo.

Una hegemonía similar se encuentra en la actualidad, y es ocasión que todavía no comprendemos del todo, sencillamente porque desconocemos los mecanismos del aprendizaje en el ámbito de conocimiento de lo ético/moral, que poco tiene que ver con la memoria y el razonamiento, sino con la conciencia individual y colectiva, y al circunscribirse en el terreno de lo cultural, adquiere una alta dosis de relativismo.

Existe la impresión que la ética es un tema que difumina las fronteras entre el delito y el pecado. El primero, un acto punible por las leyes civiles; el segundo, por las leyes morales. En relación con la ética en los negocios, una comunidad o civilización debe aprender que adquirir riquezas respetando los derechos de los demás, en el marco del desarrollo económico, no contraviene imperativos de conductas dogmáticas, como lo refiere Weber en una de sus obras magistrales.

"La riqueza es la diosa de los comerciantes", escribe Hermann Hesse en palabras de Siddhartha, o bien escuchamos con frecuencia que "no hay riqueza labrada con honestidad", o que "detrás de una gran fortuna existe una inmensa pobreza". La sospecha ronda en torno de la moralidad, y en no pocas ocasiones, de la legalidad de la acumulación de dinero y bienes materiales.

Pero la ética en los negocios no se restringe solamente a la dicotomía de Dios y César, su ámbito de influencia se extiende ahora hasta alcanzar un elevado nivel de responsabilidad de los individuos y la colectividad en las sociedades industriales, de velar por la viabilidad del género humano y otras formas de vida en el planeta, cobrando mayor vigencia en la jungla del libre mercado y la competencia, en los tiempos actuales de globalización económica.

Antecedentes de la ética en los negocios.

Con la aparición de las artes industriales y las primeras factorías en el siglo XVII inicia la actividad económica y la acumulación de capital (dinero y posesiones), y en paralelo, los estudios sobre la economía, el capitalismo y sus efectos en la sociedad y en los individuos.

[1]Dr. Manuel de Jesús Moguel Liévano es Profesor de la Facultad de Contaduría y Administración en la Universidad Autónoma de Chiapas, México. moguel_lievano@hotmail.com **(autor corresponsal).**
[2]El Dr. Hilario Laguna Caballero es Profesor de la Facultad de Contaduría y Administración en la Universidad Autónoma de Chiapas, México. hlagunac@hotmail.com.
[3] El Dr. Sabino Velázquez Trujillo es Profesor de la Facultad de Contaduría y Administración en la Universidad Autónoma de Chiapas, México. sabinovelazquez1@hotmail.com

Los estudios de la economía clásica han omitido toda referencia a la presencia del factor humano en las organizaciones. Es con la llegada de los sociólogos y psicólogos a estudiar el comportamiento humano y la cultura dentro de éstas, a partir de la segunda década del siglo veinte, cuando se le redimensiona en su integridad, ya no solamente como parte de la máquina. Entonces, se reconoce, hay seres humanos trabajando al interior de las organizaciones.

La inclinación de las personas por obtener riquezas encuentra en la realización de las actividades económicas su espacio natural. Sin embargo, es preciso que el empresario, a la par de incrementar su capital, sea capaz de comprender las necesidades de sus empleados y de pensar en su bienestar y el de su familia, de pensar en las necesidades y la opinión de las partes interesadas en su empresa, así como en el desarrollo sustentable de la misma, mediante el respeto al medio ambiente. Entonces, razón económica y ética económica parecen ser compatibles, fundamento de la responsabilidad social.

Esta última idea representa un verdadero dilema no solamente para los hombres de negocios, sino también para los gobiernos y organizaciones civiles en defensa de los derechos humanos y el medio ambiente, quienes cuestionan seriamente la viabilidad de las generaciones futuras de no adoptarse medidas en relación con el respeto hacia los actores sociales y la conservación de los sistemas naturales.

En el fondo de esta premisa probablemente subyacen las siguientes preguntas:

¿Es social y moralmente legítimo obtener las riquezas que mi capacidad de trabajo pueda producir?, ¿Estoy contraviniendo mis principios éticos y morales con la acumulación de dinero?, ¿Qué lugar ocupa la posesión de bienes materiales en mi escala de valores?, ¿Soy justo con la retribución de los empleados para llevar a sus familias una vida digna y de bienestar?

Indudablemente existe una correlación intrínseca entre la acumulación de capital y la formación axiológica y deontológica de las personas, explicable solamente tomando en cuenta un factor central: el contexto cultural, dimensión un tanto ignota en la organización.

Existen precedentes relevantes en el estudio de la ética en los negocios, como el caso de los cuáqueros norteamericanos, quienes en el siglo XVIII, rehusaron invertir en el mercado de armas y el comercio de esclavos; o bien las prohibiciones de las asociaciones religiosas para invertir en empresas donde los beneficios resultan en acciones de pecado, como el sector del alcohol, el tabaco, juegos de azar, la pornografía.

La ética evoca antecedentes filosóficos recientes, ponderados como fundamentos en las iniciativas deontológicas que confluyen en el campo de la bioética, ética empresarial y ética ecológica. Entre ellos está la obra de Hans Jonas *El principio de responsabilidad: Ensayo de una ética para la civilización tecnológica* (1973), proponiendo una nueva ética para la sociedad industrial y tecnológica.

En esta obra Jonas (1903-1993) compromete la materia de la ética en el terreno donde puede decidirse el futuro de la humanidad, basado en sus reflexiones a raíz de los efectos de la Segunda Guerra Mundial, en la que participó en las filas británicas, y en las consecuencias de las bombas atómicas explotadas sobre Japón. Realiza una evaluación sumamente crítica de la ciencia moderna y la tecnología, previniendo a los seres humanos de la necesidad de actuar con prudencia ante el poder transformador de la tecnociencia.

La actitud ética en las organizaciones y sus consecuencias.

Durante los años 2001 y 2002 los medios informaron de los escándalos financieros de grandes organizaciones norteamericanas, entre ellas, Enron, Polaroid, WorldCom, Xerox Company, Merck y Johnson & Johnson, entre otras.

Todas ellas, desarrolladoras de las más avanzadas tecnologías en su campo, tienen problemas en la gestión y de manejos financieros –desvíos y registros ilegales de recursos por varios miles de millones de dólares–. Los fracasos son imputables a la falta de apego a sus códigos de ética, a sus principios y sistemas de valores, afectando a la organización en los aspectos: financieros, prestigio, y lo más lamentable, el despido de miles de personas.

El escándalo hace intervenir al Presidente de los Estados Unidos en julio de 2002 para anunciar un programa de *Responsabilidad corporativa,* adoptando medidas e imponer severas sanciones a las organizaciones que violen los códigos éticos empresariales, cometan fraudes al fisco, y en general, propicien un clima de desconfianza entre la sociedad. Ante la reincidencia de las empresas en los desfalcos financieros, se anuncia la *Ley contra fraudes empresariales,* a la postre conocida como la Ley Sarbanes-Oxley.

En este contexto, Charam y Ussem (2002), articulistas de la Revista Fortune, realizan un análisis de las causas de la quiebra de empresas en Estados Unidos, asegurando que solo en el año 2001, 257 empresas cotizadas en bolsa, con 258 mil millones de dólares en activos, declararon la suspensión de pagos, rompiendo el récord del año anterior de 176 empresas y 95 mil millones de dólares, y se trata de importantes firmas del índice Fortune 500.

Continuando con los comportamientos cuestionables de los órganos de gobierno de grandes corporaciones transnacionales, Werner y Weiss (2006) publican los resultados de su investigación, desnudando las prácticas empresariales de "prestigiosas" compañías de diferentes países, principalmente en relación con la violación de

derechos humanos, pésimas condiciones de trabajo, mano de obra barata, explotación de trabajo infantil, violación a derechos de comercio internacional, el daño causado al medio ambiente, las infracciones a los valores éticos-morales elementales, pruebas de laboratorios en seres humanos, financiamiento de conflictos bélicos en países pobres, etc.

Como síntoma de aceptación de esta realidad, afirman los autores, los directivos de las grandes organizaciones, además del *shareholder value* (el valor bursátil de una empresa para los accionistas), ahora se privilegia el *stakeholder value,* valor de mercado proveniente de la aceptación de los diversos grupos de interés de su entorno, axioma bajo el cual sólo tendrá éxito quien actúe en forma correcta frente a todos los grupos afectados por una empresa; entre ellos trabajadores, clientes, proveedores, gobierno, medio ambiente y el país en que opera.

Acerca del comercio de productos falsificados, la ONG británica *Auhentics Foundation* lanzó en Bruselas, una campaña contra la falsificación de productos, para alertar al público que este tipos de productos rebasan el mercado de los CD's, DVD's, ropa y marcas famosas, y pueden ir desde un automóvil deportivo hasta una botella de salsa. En palabras del presidente de la Unión Europea, "la variedad de productos falsificados ha aumentado, incluyendo juguetes, comida, aparatos electrónicos, medicinas, piezas para aviones, entre muchos miles más", advirtiendo que la falsificación no es sólo un problema económico, sino de salud pública y de consumo, y un peligro para la vida humana[4].

En el terreno de la ética de los negocios y en el contexto de la globalización y el libre mercado, una práctica arbitraria por parte de las empresas multinacionales, está ocurriendo hoy día en gran número de países pobres. Se trata de los *Sweatshops*, término que en español significa "fábrica donde se explota a los obreros". Se refiere al abuso de los trabajadores y la violación de sus derechos humanos como del trabajo, que regulan tanto la ONU, la OIT, la OCDE, y diversas ONG's, en teoría. De acuerdo con Hartman y Denis (2006), las organizaciones multinacionales han descubierto los beneficios que pueden obtener mediante una reducción drástica de sus costos de producción, pagando salarios ínfimos y evitando las obligaciones de seguridad social en países pobres, comparado con los precios de mano de obra de los países de origen.

Sweatshops, según la US General Accounting Office, "es un lugar de trabajo en el cual un empleador viola más de una de las leyes de trabajo federal o del estado, o de la deontologia profesional, en lo que concierne a la seguridad profesional, la salud, la indemnización de los trabajadores, las declaraciones legales". El sindicato de empleados de la industria y textil de Estados Unidos, lo define como "un lugar de trabajo caracterizado por la violación sistemática del derecho del trabajo codificados por las leyes internacionales o americanas".

Actualmente existe un amplio debate entre los economistas del libre intercambio y los defensores de los derechos del hombre, aliados a los sindicatos. Según los primeros y promotores del *laisser-faire*, la explotación de un recurso nacional (la mano de obra a bajo precio) permite a los países en desarrollo aumentar sus exportaciones y de mejorar de esta manera su situación económica (Hartman y Denis, 2006).

Para los segundos, son numerosas las ventajas que procura el libre intercambio, cuyos beneficios dependen de condiciones precisas, como libre circulación de la información y la aptitud de los actores a tomar sus decisiones racionalmente dentro de su interés. Pero esas condiciones no siempre están presentes en los países en desarrollo, de tal forma que, según los adversarios de los sweatshops, las premisas liberales son empíricamente falsas.

Los trabajadores pueden no tener la capacidad de tomar sus decisiones racionales cuando tiene una propuesta de empleo dentro de un sweatshop, porque no tienen otra opción para su sobrevivencia y la de sus familias. Aceptan solamente por su pobreza, eso no significa su aceptación de las condiciones de mercado.

En el ámbito de la justicia laboral, continuando con Hartman y Denis, las empresas multinacionales están adoptando estrategias como la *déviance* (desviación) positiva con la finalidad de cumplir con las expectativas de las partes interesadas, ya sea en materia legal como ética. Además, como una maniobra de imagen pública, tanto para los consumidores como para los demandantes de empleo,

Bajo este concepto, los empresarios reglamentan su conducta demostrando que pueden cumplir los objetivos económicos de la organización, a la vez de cumplir y superar el marco de reglamentaciones protectoras de los derechos del trabajo. Es decir, se trata de una respuesta proactiva a las prácticas internacionales en el trabajo para atraerse consecuencias positivas. Es importante que la empresa sepa informar al público de esta actitud favorable. Según diversos estudios, los consumidores de países industrializados manifiestan su preferencia por los bienes o servicios de empresas que tratan a sus trabajadores con respeto, se preocupan por un desarrollo sustentable y manifiestan su compromiso con la RSE. Igualmente, los demandantes de empleo, cada vez más están buscando la reputación moral de la empresa.

[4] **Diario** Milenio, México, D.F, 11 de marzo de 2008. *Lanzan en Bruselas campaña contra la falsificación de productos,* **MILENIO.COM,** consultado el mismo día.

Es importante mencionar que la deviance puede ser positiva o negativa. Esto depende del grado de adhesión de los actores (grupos de referencia) a las reglas estratégicas, legales y éticas, en el sector industrial a que pertenece la empresa y del público en general.

Actualmente, las inversiones éticas o socialmente responsables se constituyen es uno de las principales orientaciones en el terreno financiero. El ahorro ético es una fórmula de inversión que, sin renunciar a la rentabilidad, permite al ahorrador dirigir su excedente hacia aquellas empresas que contribuyen positivamente a un desarrollo justo y equilibrado, o bien a los sectores sociales excluidos del sistema bancario comercial (De la cuesta, 2005). Los Fondos de Inversión Eticos (FIE) son instituciones de inversión colectiva cuyo objetivo es dirigir el ahorro hacia aquellas empresas que cumplan con los criterios valorativos contenidos en el ideario del fondo, para contribuir de esta forma a mejorar las condiciones de vida de la sociedad y un desarrollo sustentable del planeta. Los criterios usados en la aplicación del filtro ético usualmente están basados en acuerdos de organismos internacionales como la OIT, OCDE, ONU y ONG's.

Implicaciones teóricas y empíricas de la actitud ética-moral en las organizaciones.

La mayoría de las asociaciones profesionales en el mundo se conforman de acuerdo a reglas éticas. Los abogados, médicos, contadores, ingenieros, y demás profesionistas, deciden respetar y hacer respetar sus postulados gremiales. En la esfera legal, las profesiones antes mencionadas –entre otras– no se pueden ejercer sin contar con la cédula profesional respectiva, acreditando la solvencia científica y moral del profesionista.

Entonces, ¿Donde se consignan los ordenamientos morales de la ética empresarial?. La ética comercial, según Velásquez (1998), se define como "la manera de aplicar las reglas morales a la política, a las instituciones y a la conducta en el ambiente de los negocios" (citado en Bergeron, 2004).

Los orígenes de la ética, siguiendo a Bergeron, se encuentran en la sociedad, las leyes, las organizaciones y el individuo, y la define como "el conjunto de reglas de conducta que determinan a una persona a actuar de una manera dada". En cuanto a la ética organizacional, la define como "el conjunto de reglas de conducta interna que se fija una organización".

Holt y Wigginton (2002) identifican las siguientes escuelas de la ética: a) centrada en el utilitarismo, b) centrada en los derechos morales, y c) centrada en la justicia.

En relación con el relativismo de la ética, los estudios incorporan cuatro perspectivas que pueden ayudar a explicar la ética en los negocios: a) relativismo simple, inherente al individuo; b) relativismo en el rol, las obligaciones morales son inherentes en lo profesional; c) relativismo en el grupo, la moral de los individuos es determinada en contextos de grupos; y d) relativismo cultural, la moralidad es relativa a cada cultura.

Con respecto a la organización, según Dessler, Starke y Cyr (2004), el comportamiento de los directivos es un importante factor de influencia sobre las decisiones ligadas a la ética, y para fomentar su acatamiento en el trabajo, es necesario acentuar el compromiso de la alta dirección, elaborar y publicar un código de ética, establecer los mecanismos para conformarse, hacer participar al personal en todos los escalones y evaluar los resultados.

La reputación de los directores del consejo es un activo altamente apreciable hoy día. La mayor amenaza es el daño potencial en su reputación. Para la Asociación Nacional de Directores Corporativos (NACD, siglas en inglés) en Estados Unidos, un consejo de alto desempeño cuenta con gente correcta, culta, enfocado en temas, información, procesos, y continuación (Green, 2005).

De acuerdo con D'Humières, et al (2005), una de las responsabilidades que adquiere una empresa al constituirse es en términos de opinión, como factor central para efectos de construir una reputación social, que a la postre deviene en una ventaja competitiva y en una carta de presentación ante los consumidores. En relación con la cultura y los valores en los negocios, sostiene el autor, la legislación y las normas regulatorias necesitan tener sustentos éticos, con base en una cultura corporativa que incluya: declaración de principios éticos o de valores corporativos, proceso metódico de fomento del comportamiento deseado, un sistema amplio de envío de reportes éticos para ser investigados y plena confianza sobre los principios y valores en la toma de decisiones.

De acuerdo con Holt y Wigginton (2002), a través de la creación del código de ética, una compañía puede enviar fuertes señales a sus gerentes y al público acerca de cómo intenta responder las cuestiones sociales.

Solamente a manera de ejemplo, el Informe Cadbury propone una serie de medidas constituyentes de un código de mejores prácticas o de conducta, aplicable a las sociedades cotizadas en bolsa, a saber: la separación de las tareas entre el presidente y el director general; un papel primordial a los administradores e independencia; un comité de auditoría compuesto por administradores externos; y constituir comités de remuneración compuesto en su mayoría por administradores externos (Charreaux, 1997).

Las nuevas filosofías administrativas con fundamento en la calidad, en la mayoría de los casos, parten de una propuesta de planeación estratégica, cuya metodología otorga primordial importancia a la formulación de la misión, visión, principios filosóficos y objetivos de orden superior, los cuales generalmente, parten de la estructura

axiológica y principios éticos de los altos directivos, que hacen institucionalizar para proporcionar dirección a las acciones de todos los participantes en la organización, conformando un sistema de valores.

En la mayoría de las organizaciones de los países altamente industrializados prevalece una conciencia ética que se refleja en la misión, los valores y los principios rectores que guían la conducta de los actores. En España, por ejemplo, se llevan a cabo estudios para determinar las iniciativas de implementación de la ética empresarial en las principales organizaciones y se funda el Foro para la Evaluación de la Gestión Ética (FORÉTICA), que tiene como finalidad promover la cultura de la gestión ética entre las organizaciones[5].

La investigación recoge información acerca de la formalización de políticas éticas en documentos como misión y/o visión, valores corporativos, credos de empresa, códigos de conducta y otros instrumentos similares. La asociación diseñó la norma FORÉTICA SGE 21 que avala aquellas empresas que responden a los parámetros de calidad ética establecidos.

El Libro Verde de la Comisión de las Comunidades Europeas, consigna la existencia de las siguientes organizaciones, entre muchas más, dedicadas a la elaboración, asesoramiento y puesta en marcha de los principios éticos mediante los siguientes códigos de conducta[6].

- *Codes of conduct*
- *IEPCE (European Initiative for Ethical Production and Consumption)*
- *Caux Round Table Principles for Business*
- *Global Sullivan Principles*
- *ICFTU Basic Code of Labour Practice*
- *Investors in People*
- *Ethical Trading Initiative (ETI)*
- *Amnesty International's Human Rights Principles for Companies*
- *Clean Clothes Campaign Code of Labor Practices for the Apparel Industry*

Durante la investigación se han encontrado un conjunto de trabajos vinculados con las disposiciones de tipo ético, provenientes de organismos internacionales, comisiones de trabajo u ONG's, tales como los siguientes.

- Declaración tripartita de la OIT: Principios sobre las empresas multinacionales y la política social (1977).
- Declaración de la OCDE sobre inversión internacional y empresas multinacionales (1979).
- Business for Social Responsibility (BSR) (1992).
- Corporate Social Responsibility, CSR Europe (1995).
- World Business Council for Sustainable Debelopment (WBCSD) (1995).
- International Corporate Governance Network (ICGN) (1995).
- Instituto Ethos de Empresas y Responsabilidad Social, Brasil (1998).
- Declaración relativa a los Principios y Derechos Fundamentales en el Trabajo de la OIT (1998).
- Global Compact y los diez Principios del Pacto Mundial de la ONU (1999).
- Norma AA1000 por el *Institute of Social and Ethical AccountAbility* (ISEA) (1999).
- Principios de la OCDE para el Gobierno Corporativo (1999, reformada en 2004).
- Líneas Directrices para Empresas Multinacionales de la OCDE (2000).
- Ley sobre Nuevas Relaciones Económicas, en Francia (2001).
- European Corporate Governance Instituto (ECGI) (2002).
- Norma FORETICA/SGE 21/2002, Sistema de la Gestión Ética y Socialmente Responsable, en España.
- Ley Sarbanes-Oxley, en Estados Unidos (2002).
- ADERSE (Asociación para el Desarrollo de la Enseñanza y la Investigación sobre la Responsabilidad Social de la Empresa) en Francia(2002).
- Ley sobre la Seguridad Financiera, en Francia (2003).
- Normas Internacionales del Trabajo de la OIT: reglas de juego para la economía global (2005).
- Declaración de los Principios Globales de la Responsabilidad del Gobierno Corporativo del Sistema CalPERS (2007).

Comentarios finales

[5] En su número 463 de julio de 2001, la revista española *Nueva empresa.com: management para la nueva economía,* publica en su sección principal el artículo *Ética en las empresas*, en relación a lo que hacen las 500 más grandes empresas en España y los sistemas de evaluación de la gestión ética.

[6] Comisión de las Comunidades Europeas. www.ec.europa.eu/index, Consultado el 30 de enero de 2008.

Desde inicios de los años noventa asistimos a un esfuerzo permanente por mejorar el desempeño de los gobiernos corporativos de las empresas mediante la elaboración de códices de ética e informes de buenas prácticas, elaboradas por comisiones y comités integrados por grupos expertos en esta materia, a encargo de organismos nacionales e internacionales, emitiendo recomendaciones que en no pocas ocasiones llegan a constituirse en marcos de actuación de sectores económicos completos.

Entre los productos más relevantes en este ámbito se encuentran los siguientes: el Informe Cadbury (1992), en Inglaterra; el Informe Vienot I (1995) y Vienot II (1999), en Francia; el Código Olivencia de Buen Gobierno (1998) y el Informe Aldama (2003), en España; el Informe Winter (2002), por la Unión Europea.

Es así como "en el corazón de las recomendaciones del Comité se encuentra un *Código de buenas prácticas*, diseñado para alcanzar los necesarios altos estándares de conducta corporativa, requeridas a las empresas cotizadas en la bolsa de valores" (Cadbury, 1992).

La incorporación del plano de la moral, los valores y la ética en la organización, no es una moda ni un aspecto estético, se trata de la inscripción de un factor de agregación de valor de origen no económico en el proceso de desarrollo de la empresa, pero con un alto efecto en dicha dimensión. El analfabetismo ético en una organización puede acarrear consecuencias financieras enormes, incluso ser causa de su quebranto, como lo demuestran los casos de los fraudes empresariales en Estados Unidos durante los años 2001 y 2002, y más recientemente en 2007 y 2008.

Referencias Bibliográficas

Bergeron, Pierre, « La gestion moderne. Une vision globale et integrée». 4ª ed, Gaëtan Morin, Canada, 2004.
Berle, Adolph y Gardiner C. Means, "The Modern Corporation and Private Property". Transaction Publishers, New Brunswick, USA, 1991.
Caby, Jerome y Hirigoyen Gérard, «Création de valeur et gouvernance de l'entrepirse». 3a ed., Económica. Paris. 2005.
Charam, Ram y Jerry Ussem. "Porqué fracasan las compañías". Suplemento Fortune, Periódico Reforma del día 23 de mayo de 2002.
Charreaux, Gérard (1997) **«** Le Gouvernement des Entreprises. Corporate governance, theories et faites ». Económica, Paris.
Capron, Michel, « Las nouvelles responsabilités sociétales des entreprises : de qulles « nouveautés s'agit'il ?». En : Dupuis, Jean-Claude y **Christian** Le Bas, « Le management Responsable. Vers un nouveau comportement des enterprises?». Económica, Paris, 2005.
Centro Mexicano para Filantropía CEMEFI, htpp//www.cemefi.org, consultado el 10 de diciembre de 2007.
Comisión Europea, Libro Verde, www.ec.europa.eu/index_es, Bruselas, julio de 2001. Consultado 25 enero de 2008.
De Mente, B. (1992) "La ética y la etiqueta japonesas en los negocios". McGraw-Hill, México.
Dessler, Gary, Frederick A. Starke, Dianne J. Cyr (2004) "La gestión de las organizaciones". *Principios y tendencias hacia el siglo XXI.* ERPI, Canada.
D'Humières, Patrick, et al (2005) « Le développement durable : le management de l'entreprise responsable ». D'Organisation. Paris.
Forética. www.**foretica**.es/, consultado 5 de febrero de 2008.
Hartman, Laura y Arnold Denis (2006) « Multinationales et avenir des Sweatshops ». En : **Rosé,** Jean Jaques (2006) « Responsabilité sociale de l'entreprise. Pour un nouveau contrat social ». De Boeck & Larcier, S. A. Belgique.
Holt, David H. y Karen W. Wigginton (2002) "International Management". 2a. ed., Thomson. USA.
Informe Aldama (2003) "Informe de la comisión especial para el fomento de la Transparencia y Seguridad en los Mercados y en las Sociedades Cotizadas". España
Informe Cadbury (Committee on the Financial Aspects of Corporate Governance and Gee and Co. Ltd.) (1992) "Report of the Committee on The Financial Aspects of Corporate Governance". London.
Informe Vienot II (1999) « Rapport du Comite sur le Gouvernement d'Entreprise ». Association Française des Entreprises Privées (AFEP) y Mouvement des Entreprises de France (MEDEF).
Informe Winter (Report of the High Level Group of Company Law Experts on a Modern Regulatory Framework for Company Law in Europe), Brussels, 2002.
Instituto ETHOS de Brasil, htpp//www.ethos.org.br, consultado el 15 de diciembre de 2007.
Moguel, Manuel, "Aprendizaje organizacional: naturaleza, evolución y perspectivas". Tesis doctoral UAM Iztapalapa, México, 2003.
OCDE, "Fundaciones filantrópicas y cooperación al desarrollo". Comité de Ayuda al Desarrollo de 2003, Volumen 4, Nº 3. www.oecd.org/, consultado 30 de marzo de 2008.
Werner, Klaus y Hans Weiss, "El libro negro de las marcas". Debolsillo, México, 2006.

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

Factores que son Considerados para Elegir una Universidad: Un Análisis Factorial

Carmina Sara Moreno Morales[1], Jorge Luis García Alcaraz[2], Aidé Araceli Maldonado Macías[3]

***Resumen*— La selección de una institución educativa para cursar una licenciatura, es tal vez una de las decisiones más importantes en la vida de una persona y aunque existe mucha literatura que recomienda una serie de aspectos a considerar, son escasos los estudios de tipo cuantitativo. Por ello, en este artículo se presentan los resultados de un análisis factorial que se aplicó a una base de datos que contenía 38 ítems o aspectos que 200 estudiantes de nivel licenciatura tomaron en cuenta al momento de elegir la institución en Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Se encontró que solamente siete factores explican el 65.82% de la varianza e todos los datos, y éstos se relacionan con aspectos económicos, prestigio de la institución, vida social al interior de la universidad, instalaciones física, métodos de titulación, calidad del programa a estudiar, cursos extracurriculares y tipo de universidad.**

***Palabras claves*— Ingreso a universidad, análisis factorial, selección de universidad.**

Introducción

Luna (2008) considera que el ser humano toma tres decisiones de vital importancia en su vida, las cuales se relacionan con a qué se va a dedicar profesionalmente, con quién contraer matrimonio y a dónde se va a ir cuando se deje esta vida. Sin duda que la primera decisión se relaciona con la definición del oficio que desempeñará esa persona y esto definitivamente involucra la decisión de elegir una universidad para realizar algún estudio universitario.

De la misma manera, Covey (2010) menciona que existen seis decisiones importantes que el hombre toma en su vida, las cuales se refieren a la escuela, amigos, padres, noviazgo y sexo, adicciones y la propia valía. Nuevamente, como se puede observar, la primera decisión se relaciona con la profesión que la persona desea ejercer y ello conlleva a la elección de una universidad para cursar sus estudios.

Por lo anterior, siendo la elección de una universidad, una de las decisiones más importantes, muchos académicos han analizado el problema desde diferentes enfoques y se han hecho propuestas muy variadas. Por ejemplo Daily et al. (2010) han estudiado los tributos que los alumnos extranjeros han tomado en cuenta para seleccionar una universidad en Estados Unidos de América (EUA) y encontraron que los primeros cinco factores se relacionan con las oportunidades de empleo generadas después de graduarse u obtener un título universitario, la ayuda financiera prestada por las autoridades universitarias, locales y federales, la reputación que tiene la institución, la accesibilidad que se tiene a los sistemas de información y las acreditaciones de calidad con que cuenta la universidad. De hecho, mencionan que debido a ese primer factor que es analizado por los estudiantes universitarios extranjeros, puede deberse que en el año 1990 en EUA solo el 14% de científicos e ingenieros eran de origen extranjero, lo cual cambió a 22% para el año 2000, lo cual indica que muchos alumnos no regresaron a sus países de origen, quedándose en EUA al aprovechar alguna oportunidad de empleo que se les generó en ese país.

Asimismo, Cummings (1984) y Agarwal y Winkler (1985) han estudiado la demanda que tienen las universidades americanas por parte de los estudiantes asiáticos y los factores que éstos integran en el proceso de elección, Webb, (1993) por su parte ha sido muy específico, ya que ha analizado los factores por los cuales seleccionan a una institución especializada en administración y negocios, Hardin y Stocks (1995) y Kim et al. (1996) han estudiado las acreditaciones de calidad que tienen ciertos programas educativos como factor determinante en la selección de universidades, Mazzarol (1998) he estudiado los factores críticos de éxito de las universidades al ser elegidas por estudiantes extranjeros y la publicidad que se les da a éstos y Mazzarol y Soutar (2002) reportan las principales universidades americanas que son elegidas por estudiantes extranjeros, según la región del hemisferio del cual provengan, por lo cual hace una estratificación geográfica.

También existen instituciones especializadas en asesoría para elección de universidades, entre las que se pueden citar a Harris- Rothenberg International (HRI), la Association for the Advancement of Collegiate Schools of Business, la Distance Education and Training Council, Monster Network a través del programa Edupass, entre otros. Además, de existir páginas de internet especializadas, tales como:
www.CollegeBorad.com, www.collegeview.com, www.collegeboard.com, www.collegeadmissioninfo.com, www.collegezone.com, www.collegeselectionstrategy.com, www.ecampustours.com, www.edonline.com, www.collegeconfidential.com.

[1] **(autor corresponsal)**
[2] Jorge Luis García Alcaraz, Dr. Es profesor investigador del Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura del Instituto de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Email: jorge.garcia@uacj.mx
[3] Aidé Araceli Maldonado Macías, Dr. Es profesora investigador del Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura del Instituto de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Email: amaldona@uacj.mx

Asimismo, es posible encontrar libros especializados en idioma inglés, tales como el de Hansen (2007) que se enfoca en aspectos generales a considerar para elegir un colegio, Atkin y Leslie (2009) que se enfoca en describir una serie de pasos o metodologías para seleccionar a las mejores instituciones educativas, Beckham (2005) que se enfoca en describir los procedimientos a seguir analizar diferentes alternativas de universidades, Zhao (2010) quien analiza el problema de adultos que tienen responsabilidades laborales y que desean concluir estudios universitarios, como es el caso de muchos militares americanos. De la misma manera, existen guías que facilitan el proceso de toma de decisiones de seleccionar una universidad o colegio, tales como la de Kaehler (1998), Kaplan (2000), Yale Daily News Staff (2010) y Fiske (2010) y el Staff of U.S.News & World Report (2011).

Sin embargo, la literatura en idioma español en relación a los factores que los estudiantes deben de tener en cuenta para seleccionar una universidad son muy escasos y se carece de mucha información al respecto, prueba de ello son las insistentes preguntas relacionadas con el tema que se encuentran en los foros de discusión en internet. Sin embargo, existen reportajes interesantes que pueden ser consultados en internet, tales como el de Pascual (1999) que se enfoca en el análisis de las instituciones privadas en España, Schuldt (2011) quien ofrece diez recomendaciones para facilitar el proceso de selección y señala que la reputación y prestigio son las más importantes, Corral (2011) quien hace énfasis en un análisis de tipo económico, ya que muchos de los estudiantes latinos reconocen que las mejores universidades son privadas, Yaq (2010) ofrece una lista de ocho pasos para lograr identificar la mejor universidad sin llegar a lo que llama "estrés", donde uno de éstos es analizar la distancia que existe entra la Institución de educación Superior (IES) y el hogar del alumno, ya que eso incrementa los costos, lo cual concuerda con Caccuri (2008), quien añade que la reputación o prestigio que tiene ante la sociedad académica es otro factor importante.

Asimismo, Navarro (2007) señala diez indicadores o variables que el alumno debe tomar en cuanta antes de elegir una universidad, quien le da mucho énfasis a aspectos académicos, tales como el número de alumnos por maestros de planta, la revisión curricular que se hace a los programas, la calificación mínima aprobatoria, la preparación académica de los profesores, los programas de capacitación decente, cumplimiento de los programas de trabajo de las asignaturas, certificaciones de calidad, instalaciones, colegiatura y grado académicos que ofrece. Este último indicador es muy importante, ya que una institución que ofrezca una licenciatura en Psicología, pero que además oferta una maestría y doctorado en la misma área el conocimiento y que además cuenten con algún tipo de reconocimiento o acreditación de calidad, seguramente habla de que a nivel licenciatura es un programa totalmente consolidado.

Por su parte, Monjo-Sacristan (2009) indica un total de doce aspectos a considerar al elegir una universidad, quien le da mucho énfasis a las necesidades y preferencias del alumno, por ello recomienda lo siguientes factores: analizar el concepto que se tiene sobre la carrera que se desea estudiar, protagonismo del estudiante en el sistema de enseñanza-aprendizaje, en qué medida el proyecto universitario responde a los tres niveles de formación: saber (conocimientos), saber hacer (competencias y habilidades) y saber ser (misión, actitud, valores y criterios), qué tipo de profesores te vas a encontrar (¿doctores? ¿Profesionales en activo? ¿Maestros motivados y comprometidos con la educación de sus alumnos?, en qué medida la formación es personalizada o existe un problema de masificación, entre otras.

Asimismo, también en idioma español se encuentran organizaciones y páginas de internet que ofrecen consejos y guías para que los alumnos elijan la mejor institución educativa; por ejemplo, en el diario Eroski Consumer se encuentra un trabajo que contiene 5 secciones, dentro de los cuales se analizan la adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), cómo decidir entre una universidad pública o privada, cómo elegir entre conocimientos académicos y competencias, la infraestructura y tecnologías aplicadas a la educación y el campo laboral al final de los estudios universitarios.

También es posible que los alumnos encuentren información sobre los criterios que son recomendados para elegir una universidad en las páginas oficiales de las IES, tales como Camacho (2009), quien hace sus recomendaciones en el portal de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP).

Así pues, se observa que elegir una institución educativa para realizar estudios universitarios o de posgrado es una labor difícil en la cual el adolecente se encuentra en una encrucijada y solo existen reportes en la literatura en los que se indica lo que se debe tomar en consideración al momento de realizar una decisión, por lo que no pasan de ser solamente recomendaciones basadas en las experiencias del autor, por lo que se carece de estudios de tipo cuantitativo que surjan de bases empíricas e indiquen cuales son los verdaderos factores que los universitarios tomaron en cuenta. Por ello, el objetivo de este artículo es presentar los resultados de un estudio realizado en tres Instituciones de Educación Superior de Ciudad Juárez, Chihuahua, México, el cual estaba encaminado a determinar los factores críticos mediante un análisis factorial, lo cual debía permitir además, identificar los niveles de importancia que éstos tenían.

Descripción del Método

La metodología empleada en esta investigación ha implicado el diseño de un instrumento de recolección de datos e identificación de los factores que los universitarios tomaron en cuenta antes de elegir una universidad en la cual estudiar,

recoger y analizar la información y concluir en base a los resultados encontrados, por lo que se ha trabajado en diferentes etapas, mismas que se describen a continuación.

Primera Etapa: Identificación de los Atributos y Creación del Instrumento

La fase inició en la primera semana de septiembre de 2009 y concluyó en la segunda semana de Septiembre de 2009, y se focalizó en una revisión bibliográfica para identificar las investigaciones relacionadas con el problema y determinar las los principales atributos que son considerados para elegir una universidad, lo que permitió elaborar un cuestionario preliminar que contenía 28 ítems y fue aplicado a un total de 68 estudiantes de tres IES localizadas en Juárez, Chihuahua, México. Sin embargo, se dejó espacio para que los encuestados manifestaran otros atributos que ellos de manera personal consideraron en la elección de la universidad y que no aparecían en el cuestionario inicial. Un total de diez nuevos atributos fueron identificados, teniendo así un total de 38 atributos, con los cuales se construyó un cuestionario final. Las principales fuentes consultadas fueron Mazzarol et al. (1997), Navarro (2007) Monjo-Sacristan (2007), Caccuri (2008), Daily et al. (2010), Yaq (2010) y Zhao (2010) dado que eran más actualizadas y ofrecían mayor concordancia entre ellos. El cuestionario final con 38 ítems debía ser contestado en una escala Likert (Likert, 1932), la cual comprendía valores entre uno y cinco, donde el uno indicaba que ese atributo no fue importante para el universitario al momento de elegir la universidad y el cinco, representaba la importancia extrema.

Segunda etapa: Aplicación del Cuestionario

Esta etapa inició en la tercera semana de Septiembre y concluyó en la segunda semana de Febrero de 2010 y consistió en contactar a los directivos de las instituciones de Ciudad Juárez en que se aplicó el cuestionario y solicitar su autorización para la aplicación del mismo. Después de este proceso, tres IES aceptaron permitir que sus alumnos fueran encuestados, mientras que cuatro se negaron, declarando que era debido a los altos índices de delincuencia que se vive actualmente en la ciudad. Además, como principio de inclusión en el estudio se requería que los alumnos encuestados cursaran al menos un promedio de tres asignaturas por semestre.

El muestreo fue estratificado y aleatorio simple, buscando mantener un equilibrio entre el número de alumnos que la institución tenía, las carreras que impartía y el semestre en el cual estaba inscrito el alumno.

Tercera etapa: Captura de la Información y Validación del Instrumento

Esta etapa se realizó de la tercera semana de febrero de 2010 a la cuarta de Marzo de 2010 y en ella se capturó y analizó la información en el software denominado SPSS 18. Para la validación del cuestionario se usó el índice Alfa de Cronbach antes de realizar un análisis descriptivo y se validó el resultado obtenido comparándolo con el generado al realizar la partición de la muestra en mitades, obteniéndose nuevamente el índice Alfa de Cronbach (Cronbach, 1951).

Cuarta Etapa: Análisis Descriptivo de la información

Esta etapa se ejecutó de la primera semana de Abril de 2010 a la segunda semana de Abril de 2010 y en ella se realizó el análisis descriptivo de la información. Se obtuvo la mediana y la moda como mediadas de tendencia central, dado que los datos obtenidos, aunque eran numéricos, estaban representados en una escala ordinal (Denneberg y Grabisch, 2004; Pollandt y Wille, 2005; Tastle y Wierman, 2007). Altos valores de la mediana indican que esos atributos habían tenido mucha importancia para los alumnos al momento de elegir una universidad y por el contrario, valores bajos denotaban poca importancia. En relación a la moda, los valores obtenidos en los atributos indicaban el consenso o valor que más fue respondido por los encuestados.

De la misma manera, como medida de dispersión se estimaron el primer y tercer cuartil, así como la diferencia entre éstos, el cual se denomina Rango Intercuartílico (RI) y representa el 50% de los datos e incluye a la mediana, el cual está representado por el segundo cuartil (Tastle y Wierman, 2007). Altos valores en el rango intercuartílico indican que no había consenso entre los encuestados en relación al nivel de importancia que tenía ese atributo o ítem, mientras que valores bajos representaban poca dispersión y por ende, mayor consenso entre los encuestados en relación a la importancia del mismo.

Quinta Etapa: Análisis Factorial Exploratorio (AFE)

Esta etapa se realizó de la tercera semana de abril de 2010 a la primera semana de Mayo del mismo año y en ella se determinó la factibilidad del AFE, se analizó la matriz de correlaciones y se observó que la mayoría de las correlaciones entre los atributos eran mayores a 0.3 (Nunally, 1978; Nunnally y Bernstein, 2005); además, se analizó la diagonal de la matriz anti-imagen de la matriz de correlaciones con la finalidad de observar la adecuación de la muestra. Asimismo, se obtuvo el índice KMO (Kaiser, Meyer, Olkin), se aplicó la prueba de esfericidad de Bartlett para medir la adecuación de la muestra y se analizaron las comunalidades de cada uno de laos ítems o atributos para verificar su contribución, estableciendo a 0.5 como punto de corte (Lévy y Varela, 2003).

Para determinar los factores críticos se realizó un análisis factorial por el método de componentes principales usando la matriz de correlación para la extracción de los componentes y se consideraron como importantes aquellos factores con un

valor mayor o igual a la unidad en sus Eigenvalores, condicionándose la búsqueda a 100 iteraciones para la convergencia de un resultado (Steiger y Lind, 1985; Streiner y Norman, 1995). Además, con la finalidad de obtener una mejor interpretación de los factores críticos, se realizó una rotación por el método Varimax (Lévy y Varela, 2003).

Resultados

La sección de resultados está dividida en diferentes sub-secciones, las cuales se relacionan con las etapas descritas en la metodología descrita anteriormente y se describen a continuación.

Composición de la muestra

Un total de 38 atributos fueron identificados e integrados en el cuestionario final que se aplicó a un total de 200 alumnos, los cuales pertenecían a tres IES, 102 eran de sexo femenino y 98 de sexo masculino, los cuales estaban inscritos del segundo al decimosegundo semestre en su institución. En el Cuadro 1 se ilustra la distribución de los semestres y el sexo.

		Semestre											Total
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Sexo	Femenino	2	28	8	26	8	7	10	8	1	0	4	102
	Masculino	6	33	7	19	7	5	3	10	3	2	3	98
Total		8	61	15	45	15	12	13	18	4	2	7	200

Cuadro 1. Distribución por Semestres

Validación del cuestionario

Se obtuvo el IAC con los 29 atributos, el cual fue de 0.935 y se realizaron un total de diez iteraciones para determinar aquellos que podían ser eliminados. Al final, con solamente 28 atributos, se determinó que el IAC tenía un valor de 0.935, por lo que se concluía que el instrumento era válido para el objetivo que había sido creado.

Análisis Descriptivo

El análisis descriptivo de los atributos se ilustra en el Cuadro 2, los cuales están ordenados de manera descendente en función de la mediana que éstos alcanzaron, donde se muestra además una abreviación que será usada en lo sucesivo.
De acuerdo al análisis de tipo univariado que se realiza a los atributos, se observa que los cinco atributos con mediana más alta son los relacionados con la calidad institucional, dado que lo componen aspecto tales como la certificación de calidad, el nivel académico, la validez oficial del programa, opción de titulación (automática, diplomado, examen profesional) y el prestigio que tiene la institución ante la sociedad académica y científica. Es de observarse que esos cinco atributos tienen además una moda de cinco, la más alta calificación, lo cual indica que efectivamente fueron importantes al momento de decidirse por una institución.

De la misma manera, de acuerdo a los menores valores de la mediana, se observa que los atributos se relacionan con el tipo de universidad, la vida social al interior de la misma e infraestructura para la realización de algún tipo de deporte, ya que los últimos atributos son si la universidad es pública o privada, actividades extracurriculares (teatro, danza y futbol), instalaciones deportivas, existencia de clubes y porque ahí estudian sus amigos.
Al analizar el rango intercuartílico, como medida de dispersión y de acuerdo o consenso entre los encuestados, se observa que los valores más bajos están compuestos por los mismos atributos que tienen la mediana más alta, por lo que confirma la hipótesis planteada anteriormente, en que el principal factor que los alumnos toman en consideración para elegir una universidad es el relacionado con la calidad.

De la misma manera, los atributos con el RI más alto son el intercambio estudiantil, si la universidad es pública o privada, la existencia de clubes, las prestaciones de salud y porque ahí estudian sus amigos (se indican con el signo **), lo cual indica que no existe un consenso generalizado sobre la importancia que tienen esos parámetros y por ende, del nivel de importancia que tienen. Sin embargo, se observa que tres de esos atributos son los que tienen la mediana más baja, por lo que se puede inferir en que tienen baja importancia.

Factibilidad del Análisis Factorial

Se estimó el índice KMO, el cual fue 0.905 y por ende, mayor al establecido como punto de corte. Se realizó la prueba de esfericidad de Bartlett y se alcanzó un Chi cuadrado de 3040.4.99 con 406 grados de libertad y una significancia de 0.00, lo que indicaba que el análisis factorial era factible.

Abreviatura	Atributo	Mediana	Moda	Percentiles		RI
				25	75	
Certif	Certificación de calidad	4.632	5	4.057	4.889	0.831*
NivAcad	Nivel académico	4.564	5	4.011	4.881	0.870*
Validez	Validez oficial	4.563	5	3.970	4.887	0.917*
OpcTitu	Opción de titulación (automática, diplomado, examen profesional	4.454	5	3.671	4.811	1.140*
Prestigio	Prestigio	4.401	5	3.573	4.521	0.948*
FlexHorar	Flexibilidad en los horarios de clases	4.382	5	3.447	4.912	1.464
CCómp	Centros de cómputo	4.348	5	3.500	4.981	1.481
EstyTrab	Estudiar y trabajar simultáneamente	4.344	5	3.385	4.578	1.193
PrestiProf	El prestigio de los profesores	4.333	5	3.500	4.962	1.462
Enfoque	Enfoque del programa (teórico o práctico)	4.270	5	3.381	4.946	1.565
Beca	Facilidad de obtener beca	4.264	5	3.311	4.958	1.647
PerEsco	Duración y forma de los periodos escolares	4.258	5	3.422	4.887	1.465
ContAsig	Contenido de las asignaturas	4.255	5	3.454	4.889	1.434
MonBeca	Monto de la beca	4.186	5	3.204	4.900	1.696
CtoTitu	Costo de titulación	4.176	5	3.126	4.912	1.785
Valores	Valores inculcados en la escuela	4.138	5	3.266	4.828	1.562
Matri	Costo de matrícula	4.134	5	3.109	4.881	1.772
Idiomas	Cursos de aprendizaje de otros idiomas	4.116	5	3.168	4.841	1.672
CtoMaPra	Costo de materiales para prácticas.	4.099	5	3.033	4.863	1.829
CtoMate	Costo de materiales didácticos (libros)	4.053	5	3.114	4.811	1.696
InsLabor	Inserción laboral	3.991	5	3.073	4.750	1.677
Aulas	Aulas para prácticas	3.864	4	3.064	4.648	1.584
Porcen	Porcentajes (deserción, crímenes, egresados, egresados- trabajo)	3.855	4	3.000	4.680	1.680
IntEstu	Intercambio estudiantil	3.798	5	2.561	4.707	2.146**
ProcAdmi	Proceso de admisión	3.795	4	2.900	4.619	1.719
Salud	Prestaciones de Salud	3.765	5	2.453	4.702	2.249**
Doblet	Doble titulación	3.738	4	2.687	4.621	1.934
ConvInte	Convenios internacionales	3.725	4	2.819	4.578	1.758
CalAprob	Calificación mínima aprobatoria	3.721	4	2.697	4.595	1.898

Cuadro 2. Análisis descriptivo de los datos

Análisis Factorial Exploratorio

Se encontró que siete factores explican el 65.82% de toda la varianza contenida en los 29 atributos analizados. Así, por ejemplo, el primer componente explica el 12.62% de la varianza una vez que se ha realizado la rotación varimax, el segundo factor explica el 11.30% y juntos estos dos, explican el 23.92% de la varianza.

Los valores obtenidos para los Eigenvalores y la varianza explicada por cada uno de los factores se ilustran en el Cuadro 3, mientras que en el Cuadro 4 se exponen los factores, los atributos que los componen y las cargas factoriales asociadas a éstos. Se observa además, que los dos últimos factores carecen de explicación dado que son explicados por un solo factor; sin embargo, se han agregado a la lista dado que los eigenvalores son mayores a la unidad.

Conclusiones y futuras investigaciones

En este trabajo se ha encontrado que solamente 7 factores explican el 65.82% de la variabilidad contenida en los 29 atributos que fueron analizados. Se concluye que los alumnos que estudian en las instituciones de educación superior de Ciudad Juárez, Chihuahua, México, las eligen o toman la decisión de estudiar en éstas debido al costo en que incurren, la calidad académica y prestigio que tienen, los lineamientos académicos que tienen para el ingreso, permanencia como alumno y forma de titulación. Además, consideran la calidad que es reconocida por organismos acreditadores, tales como COPAES, CIES y la valides oficial del programa, la infraestructura que tienen, los valores y los índices de eficiencia que tienen, así como la internacionalización que han logrado.

Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción		
Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
10.570	36.449	36.449	10.570	36.449	36.449
2.338	8.061	44.510	2.338	8.061	44.510
1.499	5.168	49.678	1.499	5.168	49.678
1.310	4.516	54.194	1.310	4.516	54.194
1.175	4.051	58.245	1.175	4.051	58.245
1.121	3.866	62.111	1.121	3.866	62.111
1.077	3.715	65.826	1.077	3.715	65.826

Cuadro 3. Factores y varianza explicada

Atributo	Carga Factorial	Componente
Costo de materiales didácticos (libros)	.772	*Económico:* Este factor se refiere a aspectos netamente económicos, dado que está integrado por cuatro tipos de costos y atributos relacionados con la obtención de ayuda financiera, tanto al interior como al exterior. Al interior de la universidad mediante becas de manutención y al exterior, por la facilidad que se obtiene para trabajar y estudiar simultáneamente.
Costo de matrícula	.762	
Costo de titulación	.740	
Facilidad de obtener beca	.736	
Monto de la beca	.721	
Costo de materiales para prácticas.	.683	
Estudiar y trabajar simultáneamente	.645	
Nivel académico	.771	*Calidad Académica:* Académico: Este factor se asocia con los aspectos académicos de la institución, dado que integra el nivel académico de la institución, el prestigio de los profesores e institucional. Además, integra el contenido curricular de las asignaturas que cursaría y las opciones de titulación que tiene al finalizar la carga curricular o de créditos.
Duración y forma de los periodos escolares	.746	
El prestigio de los profesores	.624	
Prestigio	.542	
Contenido de las asignaturas	.507	
Calificación mínima aprobatoria	.744	*Lineamientos académicos:* Este factor se relaciona con los procesos de admisión a la universidad, las calificaciones mínimas requeridas para permanecer como estudiante activo en la misma y el proceso de titulación al final de la carga curricular.
Proceso de admisión	.707	
Doble titulación	.640	
Certificación de calidad	.708	*Calidad y Validez:* Este factor se asocia con la calidad que tiene el programa especifico en el cual estudia el alumno, tales como las acreditaciones de CIEES (Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior) y COPAES (Consejo para la Acreditación de la Educación Superior) y la existencia de un RVOE (Reconocimiento de Validez Oficial de Estudios).
Enfoque del programa (teórico o práctico)	.576	
Inserción laboral	.560	
Validez oficial	.556	
Aulas para prácticas	.807	*Infraestructura:* Este factor se asocia con las instalaciones físicas que tiene la universidad para el desarrollo del proceso de aprendizaje del alumno, tales como los laboratorios, bibliotecas y centros de cómputo especializado.
Centros de cómputo	.665	
Porcentajes (deserción, crímenes, egresados, egresados- trabajo)	.749	*Índices y Valores:* Este atributos se refiere a los índices de deserción, crímenes que ocurren en la localidad, número de alumnos que se encuentran trabajando en empresas, porcentaje de eficiencia terminal, entre otros. Además, incluye los valores que se inculcan en la universidad y la facilidad para aprender otros idiomas.
Valores inculcados en la escuela	.571	
Cursos de aprendizaje de otros idiomas	.568	
Intercambio estudiantil	.629	*Internacionalización:* Este factor se refiere a la capacidad que tiene la institución para colocar alumnos en otras universidades, los cuales pueden realizar estancias de investigación mediante convenios.
Convenios internacionales	.570	

Cuadro 4. Factores y varianza explicada

Referencias

Agarwal, V.B. and Winkler, D.R. "Foreign Demand for United States higher education: A study of developing countries in the eastern hemisphere", *Economic Development and Cultural Change*, 33(3): 623-44. 1985.

Atkin, M. and Leslie, I. R. *The Complete Idiot's Guide to Getting into Top Colleges*, Alfa publisher, Los Angeles, CA, USA. 2009.

Beckham, B. *The College Selection Workbook*, Beckham Publication Group, Inc, Silver Spring, MD, USA. 2005.

Caccuri, V. *Elegir la universidad por Internet*. Consultado en internet el 08 de Febrero de 2011, http://www.estudiante.org/elegir-la-universidad-por-internet/. 2008.

Camacho, J. "Cómo elegir qué carrera estudiar en la universidad?". *Dirección General de Bibliotecas BUAP*, el blog informal. Recuperado Febrero 07, 2011, desde http://www.bdigital.buap.mx/blog/?p=15 . 2009.

Corral, M. A. *La Universidad de tus sueños: Asegúrese de considerar factores clave.* Consultado en:

http://www.univision.com/content/content.jhtml?cid=2604765 el 08 de febrero de 2011.

Covey, S. *Las 6 Decisiones más Importantes de tu vida.* Grijalvo, Ciudad de México, D.F., México. 2010.

Covey, S. *Las 6 Decisiones más Importantes de tu vida.* Random House Spanish - Estados Unidos, Los Angeles, CA, USA. 2010.

Cronbach, L. J. "Coefficient alpha and the internal structure of tests". *Psychometrika,* 16, 297-334. 1951.

Cummings, W.K. "Going overseas for higher education: the Asian experience", *Comparative Education Review,* 28(2), pp. 241-257. 1984.

Daily, C. M., Farewell, S. and Kumar, G. "Factors influencing the university selection of international students", *Academy of Educational Leadership Journal,* 14(3): 59-75. 2010.

Denneberg, D. and Grabisch, M. "Measure and integral with purely ordinal scales". *Journal of Mathematical Psychology*. 48: 15-22. 2004.

Eroski Cosumer. "Qué tener en cuenta para elegir una universidad", consultado el 08 de febrero en: http://universidades.consumer.es/que-tener-en-cuenta-para-elegir-universidad/ 2011.

Fiske, E. *Fiske Guide to Colleges 2011*, Sourcebooks, Naperville, IL, USA. 2010.

Frank, S. *Kaplan guide to college selection*, Kaplan, La Jolla, CA, USA. 2010.

Hansen, R. S. *The Complete Idiot's Guide to Choosing a College Major*, Alfa publisher, Los Angeles, CA, USA. 2007.

Hardin, J. and M. Stocks. "The effect of AACSB accreditation on the recruitment of entry-level accountants", *Issues in Accounting Education,* 10(1), pp. 83-95. 1995.

http://www.educaweb.com/noticia/2009/05/18/criterios-debes-tener-cuenta-hora-elegir-universidad-13658.html el 08 de febrero de 2011.

Kaehler, T.. *NetAppeal College Selection Guide*. 1998.

Kim, K., J. Rhim, W. Henderson, N. Bizal, and G. Pritman. "AACSB accreditation: a positive signal in accounting job markets", T*he Mid-Atlantic Journal of Business*, 32(2) pp. 123-134. 2010.

Lévy, J. P. y Varela, M. *Análisis multivariable para las ciencias sociales*, Madrid: Prentice Hall. 2003.

Likert, R. "A Technique for the measumerement of attitudes". *Archives of Psychology*, 22(140): 1-55. 1932.

Luna, J. D. *Las 3 decisiones más importantes de la vida.* Consultado en internet en: http://juandiegoluna.com/2008/05/07/decisionesdelavida/ el 06 de febrero de 2011. 2008.

Mazzarol, T., S. Kemp, and L. Savery. " International students who choose not to study in Ausralia: an examination of Taiwan and Indonesia", (Australian International Education Foundation, Canberrra). 1997.

Mazzarol, T.W. "Critical success factors for International education marketing", *International Journal of Education Management,* 12(4), pp. 163-75. 1998.

Mazzarol, T.W. and G.N. Soutar. "Push-pull factors influencing International student destination choice", *International Journal of Education Management*, 16(2), pp. 82-90. 2002.

Monjo-Sacristan, R. *¿Qué criterios debes tener en cuenta a la hora de elegir Universidad?*. 2007.

Navarro, R.E. "¿Cómo elegir universidad? ¿Educación profesional o capacitación especializada?", *Revista Psicología Científica.* Consultada el 08 de enero de 2011 en: http://www.psicologiacientifica.com/bv/psicologiapdf-262-como-elegir-universidad-educacion-profesional-o-capacitacion-especializada.pdf 2007.

Nunally, J.C. *Psychometric theory*, New York: McGraw Hill. 1978.

Nunnally, J.C. y Bernstein, H. *Teoría psicométrica,* México: McGraw-Hill Interamericana. 2005.

Pascual, I. R. *Consejos para Elegir su Universidad Privada*, El Mundo, Madrid, España. 1999.

Pollandt, S. and Wille, R. "Functorial scaling of ordinal data". *Discrete Applied Mathematics.* 147(1): 101-111. 2005.

Schuldt, M. *Diez Factores a Considerar al Elegir una Universidad*, College Admissions Services, Inc. Chicago, IL, USA. 2011.

Staff of U.S.News & World Report. *U.S. News Ultimate College Guide 2011*, Naperville, IL, USA. 2011.

Steiger, J.H. and Lind, J.C. "Statistically-based tests for the number of common factors". Paper presented at the *Annual Spring Meeting of the Psychometric Society*, Iowa City. 1985.

Streiner, D. and Norman, G.R. *Health Measurement Scales. A Practical Guide to their Development and Use*. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press. 1995.

Tastle, W.J. and Wierman, M.J. "Using Consensus to Measure Weighted Targeted Agreement". *Fuzzy Information Processing Society*, 24: 31-35. 2007.

www.collegeadmissioninfo.com/college_selection.html consultada el día 07 de enero de 2011.

www.collegeboard.com/student/csearch/where-to-start/40.html consultada el día 07 de enero de 2011.

www.collegeconfidential.com/college_search/selection_criteria.htm consultada el día 07 de enero de 2011.

www.collegeselectionstrategy.com/ consultada el día 07 de enero de 2011.

www.collegeview.com/college_selection_guide.html consultada el día 07 de enero de 2011.

www.collegezone.com/10216.htm consultada el día 07 de enero de 2011.

www.ecampustours.com/collegeplanning/choosingacollege/collegeselection consultada el día 07 de enero de 2011.

www.edonline.com/collegecompass/choose.htm consultada el día 07 de enero de 2011.

Yale Daily News Staff. T*he Insider's Guide to the Colleges*, 2011: Students on Campus Tell You What You Really Want to Know,St. Martin Press, New York, NY, USA. 2010.

Yaq, P. *Cómo elegir una universidad a tu medida, sin estresarte (¡casi!),* consultado en línea en http://www.yaq.es/reportajes/como-elegir-universidad el 08 de febrero de 2011. 2010.

Zhao, D. *A Guide to Adult Learners: the College Selection and Success Strategies*, CreateSpace, Seatle, WA, USA. 2010.

Notas Biográficas

La **Ing. Carmina Sara Moreno Morales** es estudiante de la maestría en ingeniería industrial que se ofrece en el departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura del Instituto de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Su trabajo de investigacion se relaciona con la transferencia y uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación.

El **Jorge Luis García Alcaraz,** es Ingeniero Industrial y Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial por el Instituto Tecnológico de Colima y Doctor en Ciencias en Ingeniería Industrial por el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez. Sus líneas de investigación son la teoría de decisión multicriterio y multiatributos, estadística multivariada y análisis estadístico de problemas sociales. El resultado de sus investigaciones se han publicado en el International Journal of Industrial Engineering –Theory, Applications and Practices -, Revista Contaduría y Administración, Revista Agricultura Técnica en México, Revista Agricultura Costarricense, entre otras. Cuenta con más de 50 ponencias en congresos y conferencias internacionales, es Candidato al Sistema Nacional de Investigadores de CONACYT y pertenece al Registro Conacyt de Evaluadores Acreditados (RCEA). Actualmente se desempeña como profesor investigador en el Instituto de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, donde imparte cátedra en la Maestría en Ingeniería Industrial, Doctorado en Ciencias en Ingeniería, donde es líder del cuerpo académico de Planeación Tecnológica y Diseño Ergonómico, mismo que está consolidado y es Líder del Núcleo Académico Básico del Doctorado en Ciencias en Ingeniería. Además colabora con la Universidad Nacional Autónoma de México en el Doctorado en Ciencias de la Administración, el CIATEC en el Posgrado Interinstitucional en Ciencia y Tecnología.

La **Dra. Aidé Araceli Maldonado Macías** es Profesora Investigadora de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, cuenta con una Certificación como Profesional Ergonomista en México, es miembro del Institute of Industrial Engineers (IIE). Ha participado con ponencias en Congresos Internacionales y publicado en el International Journal of Industrial Engineering. Actualmente dirige un proyecto con financiamiento PROMEP.

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

EDUCACION AMBIENTAL INMERSA EN LA TRANSVERSALIDAD DE LA INGENIERIA UNIVERSITARIA (UV)

Dra. Teresita de Jesús Olivares Silva[1], Mtra. Verónica García Valenzuela[2]

Resumen— *Esta propuesta de la Educación ambiental impartida de manera transversal durante las experiencias educativas en la formación profesional en el área de ingeniería implica un contenido definiendo un procedimiento acorde a los cambios de nuestro Modelo Educativo Integral y Flexible propiciados por el contexto universitario de la actualidad, donde no se trata de cambiar la sociedad desde la universidad si no provocar una reflexión que nos permita modificar las acciones, convirtiéndose en una necesidad ineludible; considerando así que es un proceso por el cual el individuo adquiere, conocimientos, interiorizan actitudes y desarrolla hábitos que le permiten modificar la conducta individual y colectiva en relación con el ambiente en el que vive y se desarrolla. El aprendizaje de los estudiantes se concibe como un proceso dinámico de interacciones, donde a partir de un problema se elabora una hipótesis, investigan, definen conceptos, analizan elementos y proponen soluciones, expresadas en compromisos.*

Palabras claves— educación ambiental, conducta individual, conducta colectiva.

INTRODUCCIÓN

La enseñanza es una actividad intencional y esa intencionalidad consiste en el ejercicio deliberado de la influencia sobre aquellos a los que se enseña. Una influencia que se traduce en proponer significados sobre la realidad a través del conocimiento, las formas en que este se hace accesible a los estudiantes y de las relaciones pedagógicas que para su adquisición se establecen. Así pues, la enseñanza se realiza de acuerdo a algunas razones, para algunos propósitos que deben explicitarse y comunicarse.

El tema de esta propuesta la Educación ambiental impartida transversalmente durante las experiencias universitarias en el área de ingeniería implica un contenido, definir un modelo dentro de los cambios del Nuevo Modelo Educativo propiciados por el contexto universitario de la actualidad , donde no se trata de cambiar la sociedad desde la universidad si no provocar una reflexión que nos permita modificar las acciones, convirtiéndose en una necesidad ineludible, los hechos sociales la exigen y es obligación de la Universidad el proporcionar bases sólidas en Educación ambiental que permitan a la sociedad asegurar el desarrollo sostenido para las futuras generaciones.

"CURRICULO FLEXIBLE Y EDUCACIÓN AMBIENTAL EN LA UV".

El propósito actual de la Universidad Veracruzana es la implementación del currículo flexible en todas sus áreas constituyéndose con esto una vertiente normativa de la enseñanza, la determinación de que y como habrá de enseñarse, es evidente que deberá contener igualmente la especificación de las razones, las intenciones o los propósitos del por qué y del para qué de esa enseñanza.

Los problemas de le educación representa uno de los retos más importantes, en particular en el nivel superior que se tiene la obligación de prepararse lo suficiente para cumplir adecuadamente su misión en un mundo envuelto de constantes transformaciones que exigen pertinencia y calidad en la formación educativa.

Es necesario abordar los retos de la formación ambiental, a partir de la emergencia de un saber en construcción que no constituye un campo homogéneo. Éste saber emergente atraviesa toda la estructura académica de la educación superior y, por lo mismo, requiere de un enfoque holístico y acercamientos epistemológicos y metodológicos que permitan aprehender la convergencia de los diversos procesos que constituyen problemáticas diferenciadas, los cuales demandan amalgarse con los paradigmas de diferentes ciencias, saberes y disciplinas tradicionales. Para alcanzar tales propósitos, cabe mencionar dos necesidades fundamentales: abrir espacios de investigación interdisciplinaria sobre problemas específicos, y abrir las universidades hacia un proceso de investigación participativo con las propias comunidades y poblaciones afectadas por dichos problemas, captando los problemas desde las bases y devolviendo a ellas el saber generando para su aplicación en programas y proyectos de gestión ambiental.

El saber ambiental no es un nuevo sector del conocimiento o una nueva disciplina. Los retos de la formación ambiental no se plantean como la incorporación de una materia adicional en los contenidos curriculares actuales, sino como un saber emergente, que atraviesa toda la estructura académica de la educación superior.

La formación ambiental va más allá de la integración de los saberes ya constituidos y la selección de elementos que podrían incorporarse para ambientalizar las carreras y postgrados vigentes. La formación ambiental problematiza el

desarrollo del conocimiento, planteando cambios institucionales para crear espacios interdisciplinarios y legitimar el saber ambiental en las universidades. Así, la formación ambiental plantea nuevos papeles y retos en la organización del conocimiento y en las prácticas académicas de la educación superior.

La ambientalización del currículo se vera facilitada en la medida que podamos trabajar con propuestas de conocimiento integrado del medio, como pueden ser:

1.- Los contenidos de la educación ambiental deben definir su propio sistema de ideas, organizándolo a partir de aquellas nociones que sean comunes a las diferentes disciplinas. Puesto que la educación ambiental constituye un ámbito de conocimiento y de investigación especifico, resulta indispensable disponer de alguna teorización o marco de referencia que nos permita integrar conocimiento procedente de diversas fuentes y elaborar construcciones globales propias de la educación ambiental. Es decir, es necesario tener una serie de argumentos científicos – filosóficos que posibiliten la construcción de una visión más global del mundo. Dichos argumentos teóricos posibilitaron la toma de decisiones sobre el "que enseñar" y, por tanto orientaran la construcción del conocimiento de los alumnos en el contexto universitario.

2.- La educación ambiental debe referirse a una visión más compleja de la intervención tecnológica en el medio. En efecto, la gestación del medio tiene que contemplar una problemática ambiental que no es resoluble desde perspectivas simplificadoras, en las que profesionistas formados en diferentes campos del saber intentan, desde su visión parcial del problema, resolverlos. Las decisiones que hay que tomar sobre un determinado problema tienen que tener en cuenta las innumerables que intervienen en el mismo. Se requiere por tanto, una tecnología compleja, que incorpore el trabajo interdisciplinar y que auné lo científico con lo ideológico, de forma que toda problemática sea tratada atendiendo a los diversos puntos de vista y a los distintos intereses presentes.

Fundamentalmente una educación ambiental en la enseñanza superior debe proporcionar un cambio de actitudes teniendo una participación responsable y comprometida en la gestión del medio.

Es importante que, al mismo tiempo, los estudiantes desarrollen actitudes de responsabilidad con respecto a las repercusiones de nuestra forma de vida y actuaciones con respecto al medio ambiente, lo que favorecerá su participación como ciudadanos en la demanda de actuaciones adecuadas en relación con el medio y, en último termino, su capacidad personal de tomar decisiones con respecto a las problemáticas ambientales. En esa dinámica habrá que buscar la compatibilización entre la necesidad de mejorar la calidad de vida y el respecto a la conservación del medio.

Surgiendo como una solución a esta decidida orientación en la práctica educativa la actualización de los diseños curriculares, en algunas materias optativas a través de los llamados ejes transversales, que permiten transformar las áreas curriculares de acuerdo a las expectativas de los tiempos presentes, logrando así una solidaridad global con nuestro planeta.

"***Implementación del proyecto de educación ambiental en Ingeniería Química y en Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones***"

Modificar conductas es un proceso largo al realizar cambios de conceptos rígidos y arraigados significa realizar ajustes paulatinos, ya que se deben ponderar los valores con una actitud reflexiva.

El consolidar con éxito este proyecto llevará varios años perseverar continuamente en reforzar los conocimientos habilidades y actitudes, convirtiendo la educación ambiental en aprendizaje permanente. Sin embargo , la propuesta de este proyecto apoya la inclusión de educación ambiental como un conocimiento fundamental de vida presente y futura, por lo que se comprobará que si es posible en un semestre notar cambios positivos más aún lo será durante la transversalidad estructural de todo el programa de estudios que consta de 8 semestres en trayectoria estándar.

Al delimitar esta investigación debemos mencionar que debido a que el numero de alumnos es muy extenso aproximadamente 2,300 en diferentes carreras de ingeniería hubo necesidad de limitar la investigación a 2 programas educativas de la facultad de Ingeniería región Veracruz, Ingeniería Química e Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones con alumnos correspondientes al área básica en un número de 125 alumnos.

Además debido a que el marco universitario es muy extenso se colocaron fronteras para delimitar la investigación resumida en:

a) Enfoque, infiriendo que aunque el tema de educación ambiental es ampliamente conocido no ha sido tratado adecuadamente para su inclusión curricular en el programa de estudios.

b) Amplitud, como muestra para comprobar el producto de la investigación se plantearon las actividades a un semestre.

c) Proyección, que además de implementarse en las carreras de ingeniería posteriormente se adapte en todos los programas de estudio de la Universidad Veracruzana.

d) Tiempo, aunque es muy restringido se considera significativo para las actividades contempladas.

e) Recursos, en lo que respecta a revisión bibliográfica se tiene alcance a una amplitud de información, en el aspecto humano hay muchas personas convencidas del éxito de la propuesta y con disposición de colaboración para

lograrlo, finalmente aunque hay limitantes en el aspecto económico se considera posible romper estas barreras con alternativas de cooperación.

La identificación del área de estudio fue determinante para analizar las estrategias de aprendizaje ya que existiendo 7 áreas de Ingeniería bien establecidas en la Facultad de Ingeniería se decidió para la investigación por la carrera de Ingeniería Química que durante toda su trayectoria académica ha contemplado en su plan de estudios temas relacionados con el medio ambiente y que actualmente el Nuevo Modelo Educativo en su fase terminal presenta un perfil plenamente ambientalista, por otro lado la carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones en su anterior programa no presentaba ningún tema relacionado con el ambiente y actualmente con el ingreso al Nuevo Modelo Educativo en una de las materias del área básica se hace mención a estos temas.

INICIACIÓN DE LA OPERACIÓN DEL PROYECTO

Desde la óptica de la acción educativa cuando se menciona un tema transversal concreto, en este caso de Educación Ambiental estamos pensando en unos contenidos educativos que forman parte de las áreas del currículo. Unos contenidos que se refiere a actitudes y valores que aluden a la vida cotidiana, a la realidad y a la problemática socioambiental.

Sin embargo, estas cuestiones que llamamos transversales son algo más que los contenidos de una materia. En consecuencia, las materias deben tratar unas temáticas nacidas de intereses individuales y sociales de unas conductas y normas colectivas; deben explorar los contenidos actitudinales.

¿Cómo llevar a cabo la integración de contenidos ambientales? Una opción la constituyen los temas transversales, ya que no se trata de añadir nuevas temáticas al currículo sino redimensionar las ya existentes, las cuales están configuradas únicamente por la pretendida lógica de la disciplina, se hace necesario contar con un periodo para adaptar algunos comportamientos profesionales a la nueva situación. Esta plantea sus dificultades, entre ellas la disposición de los cuerpos académicos y las inquietudes y expectativas de nuestros alumnos. También influyen los cambios de las autoridades educativas cuando tratan de ajustar con instrucciones y normas ciertos supuestos ideológicos.

Al proponer situaciones de aprendizaje para la educación ambiental se convierte en un desafió consiste en proporcionar el tipo de guía que maximice la posibilidad de que se adquieran los conocimientos y las habilidades deseadas y al mismo tiempo fomente la curiosidad, la investigación, la inventiva, y la individualidad. Es por esto que en la elaboración de los planes para el desarrollo curricular de las cuestiones ambientales, influye necesariamente la calidad de la enseñanza implicada, comprendiendo que cada proyecto debe adecuarse al sistema de valores ambientales, del área de formación básica, seleccionando los contenidos y teniendo presente acometer acciones con tendencia desarrollo sostenible sobre todo en situaciones problemáticas que pertenezcan a su entorno.

El entorno y el currículo son referente que marcan la selección de los contenidos que deben estar implícito al contexto en que se desarrolla la acción, comprendiendo la importancia de contribuir con acciones de transformación a las condiciones del entorno del que forman parte.

Siendo de gran relevancia para el éxito de la educación ambiental el provocar un cambio actitudinal que debe de promoverse en el núcleo universitario teniendo como fin cambiar nuestra sociedad. Los comportamientos que debemos modificar son los que nos han conducido al actual deterioro ambiental. ¿Cómo favorecer ese cambio actitudinal? Para Kelman se estimula cuando se producen unos supuestos:

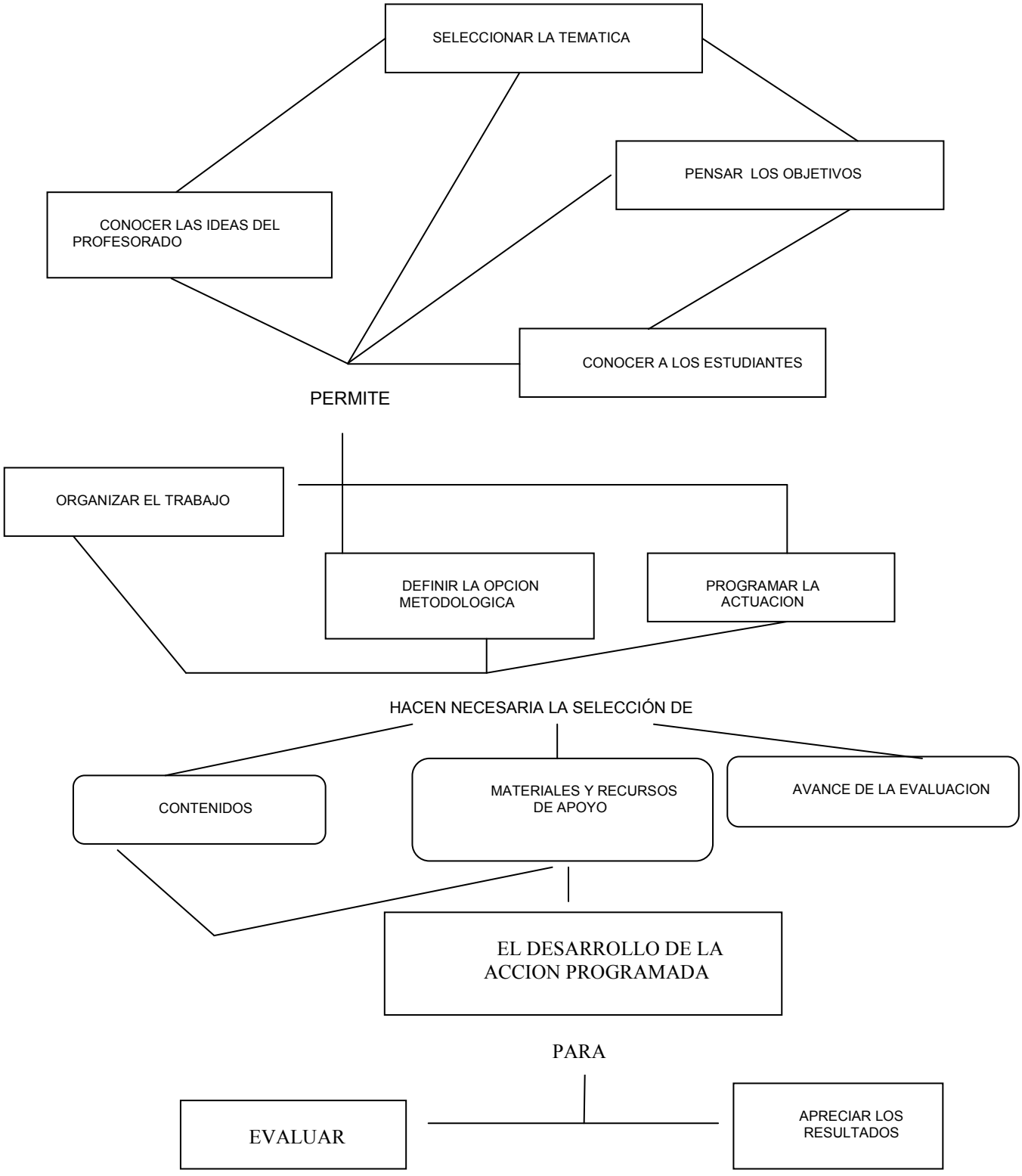
a) Existe discrepancia entre lo que el individuo piensa y cierta información nueva sobre la realidad.
b) Existe discrepancia entre la actitud de una persona y las actitudes de otras personas relevantes en el grupo.
c) Existe discrepancia entre la actitud de esa persona y sus acciones.

Las dificultades encontradas para provocar las discrepancias pueden explicar que no se hayan producido cambios conductuales a pesar de la proliferación de acciones tipificadas como de educación ambiental.

Se considera el ser humano debe pasar por diferentes estadios para lograr un cambio lo que se representa en forma simplificada en los siguientes aspectos:

- Acatamiento
- Identificación
- Internalización

Sin embargo analizando los temas anteriores considero que este es el momento idóneo con la reforma provocada en el ámbito académico por la implantación del Nuevo Modelo Educativo en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Veracruzana donde actualmente los cuerpos colegiados presentan gran actividad con la finalidad de enriquecer las experiencias educativas, presentándose con esto la oportunidad de establecer la educación ambiental transversalmente, a continuación se presenta un diagrama general que ha servido de base para plantear los objetivos propios de cada institución educativa en el siguiente mapa conceptual se muestra un resumen de lo anterior.



Mapa conceptual de Secuencia para abordar un proyecto de Enseñanza -Aprendizaje con visión transversal.

La comunidad universitaria se siente de inicio motivada para tratar temas ambientales transversalmente, reconociendo la necesidad de introducir la Educación Ambiental notando una predisposición muy favorable en algunos integrantes de la Facultad de Ingeniería.

El tratamiento de Educación Ambiental inmersa transversalmente requiere una consideración previa por parte de las academias en algunos relevantes aspectos que necesitan ser discutidos para ser usados como referencia en la propuesta de esta investigación como son:

1. ¿ Pensamos que en las experiencias educativas se procura una formación parecida a la que indican los temas transversales? ¿ Se ha impartido educación ambiental hasta ahora en la Facultad de Ingeniería?
2. ¿ Esta enseñanza se realiza mediante una programación estructurada o sin programación, diseñando quizá estrategias de aprendizaje o se hace trabajando los temas de actualidad que surgen?
3. ¿ Que condiciones positivas y negativas presenta el Nuevo Modelo Educativo para la inclusión en su estructura de Educación Ambiental transversalmente?
4. ¿Cuándo se tratan aspectos ambientales se realiza una valoración o se valora subjetivamente?
5. ¿Es posible relacionar la experiencia educativa con educación ambiental?
6. ¿Nos consideramos los facilitadores capacitados para abordar las cuestiones ambientales con facilidad o con cierta neutralidad?
7. ¿Qué estrategias de aprendizaje parecen más adecuadas para introducir la educación ambiental en el MEIF de la Universidad Veracruzana?
8. ¿Con qué criterios se podrían seleccionar los temas que van a ser objeto de estudio?
9. ¿Con qué problemas organizativos, metodológicos, de recursos nos podemos encontrar?
10. ¿Qué metodología parece la más adecuada? ¿ Nos consideramos eficientes en su seguimiento?
11. ¿Tenemos acceso a suficientes recursos bibliográficos que traten cuestiones ambientales?
12. ¿Qué factores vamos a evaluar y como lo haremos?

Para responder estas interrogantes es necesario partir de lo esencial que será el factor humano involucrado teniendo prioridad los maestros que serán los más comprometidos con la misión ambiental, debido a esto es necesario analizar el perfil idóneo teniendo como visión futura consolidar un cuerpo académico especialista en el área ambiental.

Resumiendo todo lo anterior definitivamente es importante respetar, en la medida de lo posible, los procesos naturales de aprendizaje con objeto de conservar aquellas características que lo hacen valioso. Sin embargo, cuando la enseñanza se produce en un entorno académico, debemos también respetar algunas características del aprendizaje formal, como el hecho de que es más abstracto y general. El reto sería, pues, acercar el aprendizaje académico al natural, respetando los procesos naturales del aprendizaje sin renunciar al aprendizaje formal, creando las condiciones que lo faciliten. Condiciones que nos permitirán hablar de un auténtico aprendizaje estratégico, activo, autoconsciente, motivado e intencional.

COMENTARIOS FINALES

Una buena alternativa para buscar este equilibrio entre aprendizaje académico y natural de forma que se produzcan aprendizajes eficaces, se considera que puede ser la llamada transversalidad curricular, ya que permite que el aprendiz pueda aplicar su conocimiento interactuando con un entorno significativo, así como contrastar su forma de entender la realidad con otros para llegar a un mejor conocimiento. La transversalidad curricular se presenta como un vehículo que conecta el aprendizaje de los contenidos curriculares con el aprendizaje de los procedimientos y estrategias para aprender más y mejor los contenidos universitarios, así como hacerlo paulatinamente de manera más autónoma. Esta estrategia metodológica, contribuye a que el alumno encuentre sentido al trabajo que realiza.

Siendo importante comprender algunos aspectos ambientales relacionados con educación que mencionamos a continuación:

Educación Ambiental: Proceso formativo que contribuye a la construcción de la sustentabilidad por medio del desarrollo y la socialización de conocimientos, valores, sentimientos, y habilidades instrumentales. Implica las etapas de i) Sensibilización y problematización sobre el entorno ambiental; ii)análisis y conocimiento complejo de la realidad; iii) ejecución de acciones individuales y colectivas en vías del desarrollo socialmente equitativo y ecológicamente sano.

Capacitación Ambiental: Conjunto de acciones que conducen a formar valores, desarrollar cambios de actitudes y desarrollo de aptitudes para discernir, valorar y tomar opciones, expresando la conquista de un pensamiento autónomo e innovador en la prevención y solución de los problemas ambientales.

Comunicación Ambiental: Proceso complejo de interacción social y de intercambio de información que permite construir significados sociales que contribuyan a la sustentabilidad. Implica el diálogo plural y abierto entre grupos e individuos involucrados en el análisis y solución a problemas ambientales.

También hemos definido el término *Sustentabilidad* como: "proceso social en construcción que tiene como horizonte el equilibrio dinámico entre los ecosistemas y las sociedades humanas, el cual implica garantizar la calidad de vida para las generaciones presentes y futuras; y que dicho proceso conlleva una dimensión política al implicar acciones de participación social y de negociación entre actores sociales, que dan prioridad a la construcción de una sociedad ecológicamente sana, económicamente viable y socialmente justa y equitativa".

Como complemento para este marco conceptual, se presentan las siguientes definiciones:

*Educación Ambiental Formal***:** Práctica educativa que tiene una intencionalidad formativa expresa y se desarrolla en el marco referencial de la educación formal, la cual se ajusta a las estructuras y los ordenamientos institucionales establecidos en los sistemas educativos, desde la educación inicial hasta la educación universitaria. Está asociada a planes y programas de estudios, que están administrativamente reglamentados, en ciclos, etapas y niveles formativos.

Educación Ambiental No formal: Práctica educativa con intencionalidad formativa pero que acontece en el exterior de los sistemas escolares – administrativamente reglamentados y que no pretende derivar hacia aprendizajes reconocidos oficialmente. Son prácticas educativas abiertas al conjunto de la población, desde la infancia hasta la vejez, que pueden orientar sus objetivos hacia diferentes vertientes.

Educación Ambiental Informal: Práctica educativa asistemática, que no tiene una intencionalidad formativa expresa; no estás integrada a ninguna estructura, ni es objeto de regulación, a modo de programa o proyecto. Puede surgir a partir de cualquier recurso o circunstancia cotidiana.

Conclusiones y Recomendaciones

Con base en lo expuesto anteriormente se presentan las siguientes recomendaciones y conclusiones:

Con la inserción de educación ambiental transversal en el MEIF se pretende lograr ciertos principios ambientales que serán el nacimiento de un cambio actitudinal trascendental de por vida, considerando sea un resultado positivo el poder modificar algunos aspectos de conducta ambiental en lo alumnos del área básica grupos 101 de Ing. Quím. e Ing. Elect. y Comunicaciones siendo más significativo lo siguiente:

1) Lograr la adquisición de conceptos ambientales básicos.
2) Adquirir una visión global del medio ambiente.
3) Reconocer la importancia de los sistemas de vida (agua, aire y suelo).
4) Estimar los efectos medioambientales del desarrollo tecnológico.
5) Comprender conceptos de reciclaje, reutilización y valorización.
6) Tener una clara visión hacia el desarrollo sustentable.
7) Obtener en los alumnos una ideología de su compromiso como futuro profesionista de lo que debe y se espera como ser humano aporte al tener un nivel universitario.

Se considera que al realizar lo anterior en un etapa inicial, con la inclusión de educación ambiental transversal, y anotar estos avances significativos el insertarlo en forma permanente permitirá un cambio de vida reflejado en las futuras generaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Gutiérrez J, "La educación ambiental. Fundamentos teóricos, propuestas de transversalidad y orientación extracurriculares". Madrid La Muralla (1998).
- Giordan, A. Y Souchon,"La educación ambiental: guía practica", Sevilla Diada (1995)
- Margarita Campillo Díaz, "Conocimiento y Valor: El papel de la educación ambiental". Edit. NAU Llibres, Series Educación Social (2000)
- Martha Biseca Arrache, "La educación y el Cambio Ambiental: Reflexiones y Propuestas", Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias Universidad Nacional Autónoma de México (2000).
- Damin Roberto, "Temas Ambientales en el Aula", Ed. Paidos (2001)
- Alvarez Pedro, Educación Ambiental, Ed. Grao (2000)
- Caride José Antonio, Educación Ambiental y Desarrollo Humano, Ed. Ariel (1999)

La Dra. Teresita de Jesús Olivares Silva Esta autora es profesora de Tiempo completo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Veracruzana, Veracruz, México, ha elaborado congresos y seguimientos de proyectos del medio ambiente, es coordinadora de tutorías de Ingeniería Química, asimismo en 2010 fue la profesora mejor evaluada por los estudiantes recibiendo un reconocimiento por el rector de U.V.

La Mtra. Verónica García Valenzuela. Este autor es profesor de la Facultad de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones de la Universidad Veracruzana, Veracruz, México. Participo como ponente en el primer coloquio de Educación, así mismo en foros universitarios de la Universidad Veracruzana

Aplicación del sistema SMED para reducir tiempos de ajustes en la producción de un componente automotriz

M.C. Jesús Gonzalo Palacios Valerio[1], M.A. Jorge Valenzuela Corral[2], M.A. Mario Ramírez Barrera[3]

Resumen— El presente trabajo presenta una aplicación práctica de la metodología del sistema "SMED", desarrollada en un proceso de producción para obtener un componente automotriz. El desarrollo del proyecto inicia con la recopilación y análisis de la información del método actual para efectuar sus cambios de modelos, basados en su plan de producción, fue la base para la descripción de la oportunidad de mejorar el proceso del cambio, con esto se inicia la justificación del evento y se generan los propósitos y alcances, de inmediato se lleva a cabo una explicación detallada del desarrollo del sistema, conjuntamente con la respectiva aplicación de las etapas. Finalmente basándose en el desarrollo de las etapas, obtenemos resultados que fundamentan las propuestas de mejora en las tareas apropiadas al cambio, incluyendo los principios del costo-beneficio.
Palabras claves— Tiempos de ajuste (setup), Desglose de elementos de trabajo, Métodos de estudio en tiempos y movimientos, Diagramas.

Introducción.

El proyecto tiene un enfoque de divulgar y presentar un análisis basado en la forma de mejorar una situación problemática en una industria manufacturera, aplicando un proceso cognitivo que considera conceptos y principios de ingeniería industrial. La empresa manufactura de la parte automotriz tiene la presencia de una exigencia del cliente, requiere que controle y proponga una respuesta al exceso de consumo de tiempo, al momento de efectuar sus cambios de modelos a fabricar.

Los conceptos de ingeniería aplicados están basados en la propuesta de controlar y mejorar, nuestra opción utilizada es la metodología del SMED (Cambio de dados en un digito de minuto). Con este método se analiza las etapas que intervienen en el instante que se tiene que dejar de fabricar un modelo X, para iniciar la fabricación del modelo Y. La técnica utilizada para medir la duración de las actividades y operaciones que se efectúan al efectuar el cambio de modelo, es el sistema de tiempos y movimientos predeterminados BasicMOST (Técnica básica de Maynard para la secuencias de operaciones), con la finalidad de obtener estándares realistas de cada operación. Como parte final la herramienta utilizada es el diagrama de Pareto, con el cual se identifica las principales situaciones problemáticas relacionadas con el ajuste al proceso al realizar el cambio de modelos, apoya a la debida atención por parte del analista.

Antecedentes.

Basándonos en el historial obtenido por las observaciones de la administración y referenciando esta información a los registros de los tiempos que se consumen al realizar el ajuste para cambiar la producción de los diferentes modelos; se trabajan tres turnos en la empresa, correspondiendo un 12% del tiempo total del turno asignado solamente a efectuar el ajuste al proceso de producción, , el efecto que se tiene es equivalente a 61.2 minutos por turno, recordando que son tres turnos, y 5 días a la semana, además de 4 semanas al mes, manipulando correctamente estos datos, el consumo mensual es de 3,672 minutos improductivos al mes. La organización empresarial de estudio tiene varios negocios relacionados con la industria automotriz, para este caso seleccionaron dos de ellos, son sus más grandes negocios, el primero es fabricar bombas y la otra opción es manufacturar inyectores, por lo tanto el proyecto se enfoco a los inyectores y estos a su vez, se componen en cuatro tipos de modelos, el estudio está enfocado a dos de ellos, al modelo X y al modelo Y. La parte se obtiene mediante un proceso de manufactura que incluye once operaciones para obtener su transformación, para el caso solo se enfoca en dos de ellas.

Descripción del Método

Definición del problema

Con la cantidad de minutos improductivos calculados anteriormente, provoca un efecto de baja productividad. La causa principal se debe al consumo de tiempo que se utiliza para cambiar un modelo , tiene el atributo de definirlo como un demasiado consumo de tiempo disponible para la fabricación. La base de la información recopilada nos indica que para

[1] Jesús Gonzalo Palacios Valerio es Profesor Investigador en el IIT de la UACJ. jepalacio@uacj.mx (autor corresponsal)
[2] Jorge Valenzuela Corral es Profesor Investigador en el IIT de la UACJ. jvalenzu@uacj.mx
[3] Mario Ramírez Barrera es Profesor Investigador en el IIT de la UACJ. mramirez@uacj.mx

realizar un cambio de el modelo X al modelo Y, se consume 60 minutos para el ajuste y de forma viceversa, el consumo se calculo en 120 minutos**.**

Objetivo general

La administración del negocio se compromete conjuntamente con nuestra asesoría a realizar una metodología que requiere analizar y mejorar el procedimiento del ajuste en el momento de procesar los cambios de modelo, para disminuir los tiempos improductivos causados por los ajustes, con la meta de reducirlos en un 50%.

Objetivos específicos

- Identificar el proceso actual para encontrar las etapas a mejorar.
- Identificar y disminuir las operaciones innecesarias.
- Proponer opciones de mejora en los dispositivos de la maquinaria.
- Estandarizar el proceso de ajustes al efectuar los cambios de modelos

.

Justificación

La jerarquía gerencial esta presionada por las exigencias del cliente, se presenta el requerimiento de establecer un proceso de mejora continua en su negocio. Estos términos le provocan la necesidad de disminuir sus tiempos de ajustes, para continuar adecuadamente la relación empresarial, de lo contrario tendrá la presencia de sanciones o la amenaza de llegar a perder los requerimientos de su mercado. El motivo presente por el cual se quiere la reducción del tiempo de ajustes es que es una causa que provoca la perdida de ganancias para la compañía, que se representa cualitativamente como una baja de su productividad, esto se relaciona con el tiempo que se pierde en hacer el procedimiento del cambio de modelo, encontrando una cantidad de 3,672 minutos, la afectación de este monto es dejar de producir 4,407 partes al mes.

Metodología de estudio

Etapa preliminar

La etapa preliminar del SMED proporciona las tareas y elementos que forman parte del análisis al efectuar un ajuste por el cambio de modelo, es un análisis detallado de todas las estaciones y sus actividades que se realizan en cada una. El primer paso efectúa un análisis, apoyándose con las ayudas visuales del cambio de modelo y desglosar paso a paso lo que se realiza para lograrlo. Segundo paso, se entrevisto al personal que está involucrado en hacer el cambio de modelo y a cada una de ellas se les requirió que detallaran la manera en que realiza el cambio de modelo. Como tercer paso se verifica detalles como las distancias recorridas para trasladarse, la cantidad de tiempos y movimientos (datos obtenidos aplicando BasicMOST) hechos por el recurso humano, el tiempo usado para la lectura de datos o para registrar todo lo relacionado con las estaciones.

Tabla 1: Registro de datos del análisis preliminar.

Estación #	Tiempo (seg.)	% tiempo relativo	% tiempo acumulado
4	419.08	27%	27%
7	331.56	21%	48%
10	216.37	14%	62%
8	192.96	12%	74%
11	128.82	8%	82%
5	73.8	5%	87%
6	64.44	4%	91%
9	45.36	3%	94%
1	36.72	2%	96%
2	32.4	2%	98%
3	25.2	2%	100%
Total	1566.71	100%	

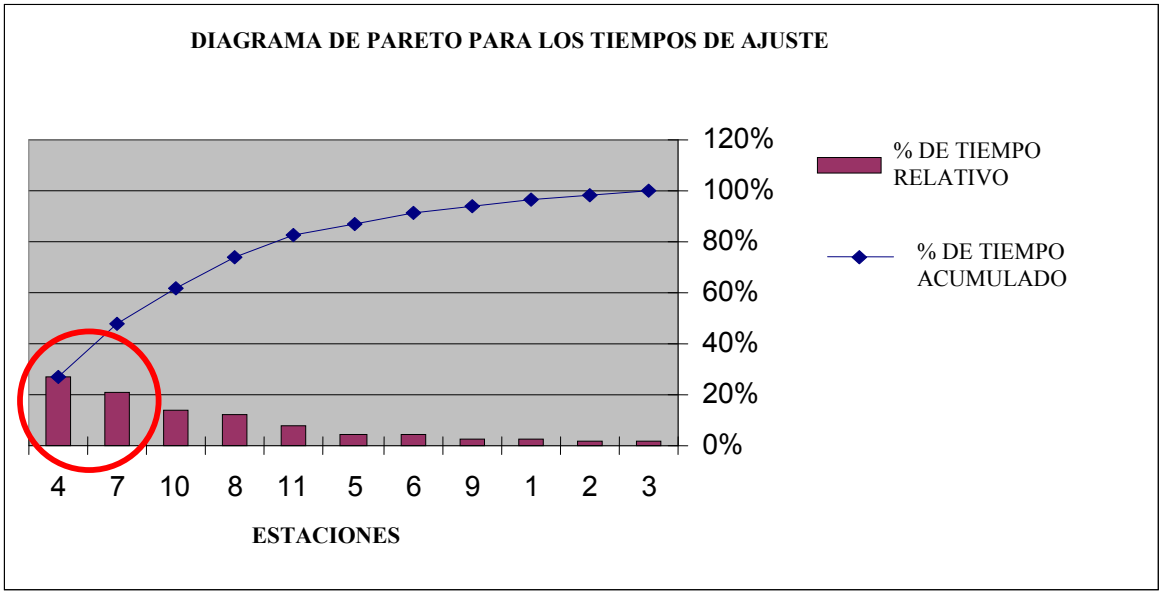


Figura 1: Información estadística del consumo de tiempo en la etapa preliminar

Los datos de figura 1 indican las estaciones que consumen más tiempo de ajuste en el cambio de modelo, en la operatividad del ajuste se encuentra que son estaciones similares y por consecuencia al hacer una mejora a la estación #4, afecta directamente a la estación #7.

Tabla 2: Change over de la estación #4

Estación/Maquina # 4	**Hoja 1 de 1**	
Actividad	Descripción	Tiempo Utilizado (seg.)
1	Quitar mordazas con llave 1	54
2	Desmontar mordazas	2.88
3	Limpiar mordazas	22.32
4	Quitar nido con llave 2	54
5	Desmontar nido	2.88
6	Limpiar nido	22.32
7	Tomar nido nuevo	1.44
8	Limpiar nido nuevo	11.16
9	Montar nido en maquina	2.52
10	Montar 2 tornillos en nido	3.96
11	Usar llave 2	27
12	Limpiar mordazas	25.2
13	Montar nueva mordaza en maquina	2.52
14	Montar 2 tornillos en mordaza y usar llave 1	50.4
15	Usar llave 1 para quitar 2 tornillos del shim	27.74
16	Desmontar shim	14.04
17	Mover shim nuevo	14.04
18	Montar 2 tornillos en shim	3.96
19	Usar llave 1 para apretar tornillos	27.74
20	Montar pieza master en maquina	2.88
21	Calibrar en la pc (reset-pc-lim-inf)	10.08
22	Capturar límite superior	7.92

23	Quitar master	2.88
24	Unir inyector en escantillón	2.88
25	Presionar botones para cerrar mordazas	1.8
26	Unir un o ring	2.88
28	Anotar Limites superior-inferior	9.36
29	Graficar datos	6.84
30	Dejar tabla	1.44
	Tiempo Total:	419.08

Etapa 1: Separación de actividades (elementos internos y externos)
En esta sección se analizan las actividades y se efectúa la separación de aquellas que se pueden realizar sin detener el funcionamiento del equipo (elemento externo) y detectar aquellas que necesariamente para realizarlas la máquina debe ser detenida, la tabla2 muestra solamente las actividades que se confirmaron que son parte de los elementos internos.

Etapa 2: Convertir una preparación interna a externa
Auditando la base de datos, entramos a la decisión de convertir algunas operaciones internas a externas con el propósito de reducir el tiempo consumido durante su ajuste. La opción propuesta es trabajar con las actividades #16 (desmontar shim) y #17 (mover shim nuevo), ambas acciones acumulan un tiempo consumido de 28.08 segundos. Considerando la descripción de operaciones se descubre que el personal tiene que caminar de 16 a 20 pasos, para evitar esta acción, la recomendación fue preparar el material antes de que la maquina sea desactivada. Con esta modificación solo se consume para montar y desmontar shim la cantidad de 4.68 segundos, acumulando el tiempo de estas acciones tenemos el total de 9.36 segundos, provocando un ahorro de 18.72 segundos.

Etapa 3: Reducir tiempos de elementos internos
Dando continuidad al trabajo relacionado en mejorar la estación de trabajo #4, se desarrolla la siguiente propuesta con la finalidad de mejorar los elementos internos, jerarquizando el consumo de tiempo por los ajustes, encontramos en la tabla 4 las actividades que requieren del mayor tiempo en esta tarea y que nos justifican el generar un proceso de mejora.

Tabla 4: actividades para la propuesta de mejora.

Actividad	Descripción	Tiempo (Segundos)	% de tiempo relativo	% de tiempo acumulado
1	**Quitar mordazas con llave 1**	**54**	**13%**	**13%**
4	**Quitar nido con llave 2**	**54**	**13%**	**27%**
14	**Montar 2 tornillos en mordaza y usar llave 1**	**50.4**	**13%**	**40%**
15	Usar llave 1 para quitar 2 tornillos del shim	27.74	7%	46%
19	Usar llave 1 para apretar tornillos	27.74	7%	53%
11	Usar llave 2	27	7%	60%
12	Limpiar mordazas	25.2	6%	66%
3	Limpiar mordazas	22.32	6%	72%
6	Limpiar nido	22.32	6%	78%
8	Limpiar nido nuevo	11.16	3%	80%
21	Poner calibrar en la pc	10.08	3%	83%
28	Anotar Lim sup-inf	9.36	2%	85%
22	Capturar lim sup	7.92	2%	87%
29	Graficar datos	6.84	2%	89%
16	Desmontar shim	4.68	1%	90%
17	Mover shim nuevo	4.68	1%	91%
10	Montar 2 tornillos en nido	3.96	1%	92%
18	Montar 2 tornillos en shim	3.96	1%	93%

2	Desmontar mordazas	2.88	1%	94%
5	Desmontar nido	2.88	1%	95%
20	Montar pieza master en maquina	2.88	1%	95%
23	Quitar master	2.88	1%	96%
24	Unir inyector en escantillón	2.88	1%	97%
26	Unir un o ring	2.88	1%	98%
9	Montar nido en maquina	2.52	1%	98%
13	Montar nueva mordaza en maquina	2.52	1%	99%
25	Presionar botones para cerrar mordazas	1.8	0%	99%
7	Tomar nido nuevo	1.44	0%	100%
30	Dejar tabla	1.44	0%	100%
	Total	**400.36**	100%	

Puede observar que las actividades que consumen más tiempo son actividades 1,14 y 4 estas operaciones acumulativamente consumen 158.4 segundos. El objetivo en esta etapa, es mejorar esas actividades para poder disminuir el tiempo de ajuste.

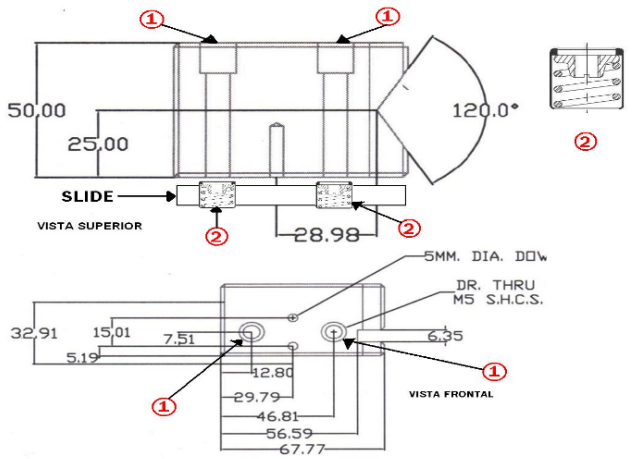


Figura 3: Propuesta de modificación de mordazas

Figura 4: Propuesta de modificación de mordazas

Conjuntamente con la gerencia se decide modificar las mordazas, la figura 3 muestra el maquinado requerido:
1.- Montar mordaza, centrar mordaza, barrenar, desplazo, rimado fino.
2.- Maquinado en slide, barrenado 3/8, barrenar 3/16, meter receiver caps.
Conjuntamente con la gerencia se decide modificar el nido, la figura 4 muestra el maquinado requerido:
1.- Alinear, barrenado 5/8, barrenado ¾ y barrenado 7/8.
2.- Cortar bushing.
A continuación la tabla 5 muestra los datos consumidos para realizar las acciones de modificación a los dispositivos del equipamiento.
Tabla 5: Cotizaciones para el maquinado y los dispositivos recomendados.

Descripción	Inversión (dólares)
Maquinado en mordazas	59.28
Maquinado en slide	62.7
Maquinado en nido	59.85
Costos de dispositivos	310.06
Total	**491.89**

Comentarios Finales

Esta modificación seleccionada de varias alternativas (tres) implico un costo más alto, sin embargo es la que ofrece una alta certeza de no causar efectos problemáticos y es la más factible, debido a que se efectúa con menos acciones, además asegura en cumplir con la especificación del proceso de una fuerza de 50 newton, la cual debe de caer en forma

vertical y el dispositivo anexado a las mordazas, soporta 9200 libras de fuerza cortante y los bushing que se utilizan en el nido de igual manera ayuda a que quede fijo y en las alternativas anteriores no cumplían con estas especificaciones.

Resumen de resultados

La mejora obtenida por la ejecución de la propuesta desarrollada provoco un resultado en esta nuevo procedimiento de un tiempo total de 211 segundos (3.31 minutos). Como efecto positivo es un ahorro de 208 segundos (3.28 minutos), con la ganancia obtenida el proceso tiene la nueva facultad de producir 4 partes por el nuevo tiempo que se requiere en el momento de efectuar el cambio de modelo programado.

Tabla 5: Proceso final de ajuste con nuevo resultado.

Estación/Maquina # 4	Hoja 1 de 1	
Actividad	Descripción	Tiempo Utilizado (segundos)
1	Quitar los push boton release de las mordazas	10.08
2	Desmontar mordazas	2.88
3	Limpiar mordazas	22.32
4	Abrir bushing	3.96
5	Desmontar nido	2.88
6	Limpiar nido	22.32
7	Tomar nido nuevo	1.44
8	Limpiar nido nuevo	11.16
9	Montar nido en maquina	2.52
10	Cerrar Bushing	1.44
11	Limpiar mordazas	25.2
12	Montar nueva mordaza en maquina	2.52
13	Mete los push boton release	12.96
14	Desmontar shim	4.68
15	Mover shim nuevo	4.68
16	Montar 2 tornillos en shim	3.96
17	Usar llave 1 para apretar tornillos	27.74
18	Montar pieza master en maquina	2.88
19	Poner calibrar en la pc (reset-pc-lim-inf)	10.08
20	Capturar lim sup	7.92
21	Quitar master	2.88
22	Unir inyector en escantillón	2.88
23	Presionar botones para cerrar mordazas	1.8
24	Unir un o ring	2.88
25	Anotar Lim sup-inf	9.36
26	Graficar datos	6.84
27	Dejar tabla	1.44

Tiempo Total : Segundos: **211.7**

Conclusiones

La meta primordial del objetivo fue reducir en un 50 % el tiempo de ajuste al realizar el cambio de modelos, cuantitativamente de 419.08 a 211.7 segundos, con una inversión de $491.89 dólares, que es recuperada de inmediato debido a que el precio de venta unitario del articulo es de aproximadamente $100 dólares (recordar ganancia de 4 piezas).

Referencias

Bawa H.S. (2007), Procesos de Manufactura, McGraw Hill
MTMINGENIEROS (2009), ¿QUE ES SMED?, http://www.mtmingenieros.com/landpages/landpage-smed.html?gclid=CJvEqO-FoqcCFQkSbAodrhncow
Lee Quarterman (2009), Strategos, Consultants, Engineers and Strategist, *Strategos* Books & videos http://www.strategosinc.com/setup_reduction.htm
Shingo Shigeo (1997), Quick changeover for operators, The SMED system, Productivity Press
Shingo Shigeo (1993), A revolution in manufacturing, The SMED system, Productivity Press
Zandin Kjell B. (2006), MOST Work Measurement Systems, H. B. Maynard and Company, Inc. Pittsburg, Pennsylvania

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

Desarrollo de una propuesta analítica conjunta de los sistemas de producción PUSH y PULL con el PROMODEL en un proceso de auto lavado

M.C. Jesús Gonzalo Palacios Valerio[1], M.A. Jorge Valenzuela Corral[2], M.A. Mario Ramírez Barrera[3], Ing. Jorge Cano[4]

Resumen- La propuesta desarrollada está basada primordialmente en el desarrollo del tiempo de respuesta al servicio de lavar el automóvil en los procesos mecanizados en la comunidad, encontrando un nivel de insatisfacción del cliente al no cumplirse la especificación definida por el negocio, provocando asignar más tiempo de lo programado a dicha actividad y consecuentemente demorando la secuencia de tareas del cliente. Como efecto de este atributo, influye en la pérdida de usuarios de este servicio, con esta característica presente justifica en llevar a cabo una comparación de los sistemas de producción basándonos en la presencia del factor medible llamada eficiencia. Se incluye usar los conceptos básicos de los sistemas de producción Pull y Push, integrando la configuración del proceso por medio del PROMODEL, con la finalidad de evaluar sus operaciones y detectar las secciones que provocan la demora de entregar el servicio a tiempo.

Palabras claves— Simulación, sistema de producción, diagrama de flujo de operaciones, tiempos improductivos, restricción.

Introducción.

El mantener los automóviles limpios siempre ha sido una gran necesidad en esta ciudad debido a que en gran parte de la ciudad las calles no cuentan con pavimento esto genera que los autos se ensucien con gran rapidez. El lavar el automóvil de una forma rápida y eficiente se volvió un gran problema dado que solo existían dos formas de hacerlo, ya sea lavarlo por nuestra propia cuenta o llevarlo a lavar a los negocios dedicados a estos giros, que ellos por su parte cuentan con varios empleados, que a su vez ellos los lavaban a mano y muchas de las veces el tiempo de espera era muy largo y aburrido. De ahí surgió la idea de crear un concepto nuevo, donde el lavado del automóvil fuera más rápido y eficiente por lo tanto empezaron a llegar a la cuidad los auto lavados mecanizados. En los cuales ya no se utiliza la mano de obra al 100% sino que ahora existe una máquina que utiliza una banda transportadora en la cual se ingresa el automóvil y automáticamente se va lavando la unidad.

Descripción del Método

Actualmente la empresa Autofast ofrece lavar tu automóvil en 15 minutos pero en realidad al acudir a esta empresa a realizar el servicio antes mencionado la realidad es que no duran 15 minutos sino que duran más de 30 minutos lo que ocasiona en primer término el malestar de los clientes que llegan a lavar su vehículo, por otra parte los clientes que ya han acudido a esta empresa deciden no regresar por que el tiempo de espera es muy largo. De aquí surgió la idea de hacer la comparación de estos 2 giros comerciales para constatar cual es la razón de que uno sea más rápido que el otro. Por su contra parte la empresa autodenominada Rapidlava realiza este mismo servicio pero en un tiempo más cortó, que la empresa en un principio mencionada. Se ha constatado que al acudir a este auto lavado el tiempo de espera es aproximadamente de 15 a 20 minutos,

Definición del problema

Se trata de efectuar un análisis de los dos tipos de sistemas de auto lavado existentes en Ciudad Juárez. Se realizara un estudio para verificar cuál de los dos sistemas de auto lavado es más eficiente dado que en la actualidad los dos manejan sistemas diferentes. Se pretende realizar una simulación de estos dos negocios mediante un software de simulación, y el objetivo principal es encontrar el tiempo real de espera, desde el momento en que ingresamos a cualquiera de estos dos auto lavados hasta que el servicio este completamente terminado. Paralelamente se desea

[1] Jesús Gonzalo Palacios Valerio es Profesor Investigador en el IIT de la UACJ. jepalacio@uacj.mx (autor corresponsal)
[2] Jorge Valenzuela Corral es Profesor Investigador en el IIT de la UACJ. jvalenzu@uacj.mx
[3] Mario Ramírez Barrera es Profesor Investigador en el IIT de la UACJ. mramirez@uacj.mx
[4] Jorge Cano, estudiante de la Maestría en Ing. Industrial en el IIT de la UACJ, jorgecano666@hotmail.com

obtener otros datos importantes como son desperdicios, tiempos muertos, operaciones que no agregan valor al servicio, así como saber si las operaciones que realizan los trabajadores están correctamente balanceadas (similares datos de utilización).

La simulación permite determinar y apoyar al proceso de decisión, ayudando significativamente en el ahorro considerable en la costosas y perturbadoras técnicas heurísticas (prueba y error). Cada día es más necesario contar con respuestas certeras en el menor tiempo posible y al mínimo costo, en este sentido, aplicar un método manual de prueba y error resulta inadecuado, resulta que se requiere el consumo de esfuerzos y tiempo. La gran ventaja de la simulación no solo radica en el hecho de que provee de un método de análisis formal y predictivo, sino que también, es capaz de evaluar la ejecución aun del sistema más complejo. Con la importancia que se tiene hoy en día de acertar a la primera vez, la respuesta es clara si al primer intento no se tuvo éxito, se debe simular. Con el uso de un computador para simular un sistema antes de construirlo o probar procedimientos operativos en un sistema existente antes de implementarlo, se puede eliminar considerablemente los grandes errores que se cometen al implementar en forma directa, los cambios del sistema, sin antes haber probado las alternativas.

Metodología de estudio

Tabla 1: Conceptos comparativos entre el sistema Push y Pull

CARACTERISTICAS	PUSH	PULL
ENFOQUE GENERAL	Producción equilibrada y sin interrupciones para cumplir con un programa predeterminado	Producción simple y flexible que responde rápidamente a las variaciones de la demanda
	Computarización extensa para manejar procedimientos complejos	Registros mínimos y métodos simplificados
MAQUINAS	Maquinas especializadas	Maquinas de uso general
	Unas cuantas	Muchas maquinas pequeñas
	Herramientas de uso general	Herramientas flexibles y preparaciones simplificadas
MATERIALES	Proveedores múltiples para evitar la interrupción de las entregas a que da lugar una sola fuente	Número ilimitado de proveedores para establecer una buena coordinación con cada uno
	Entregas grandes y poco frecuentes	Entregas frecuentes y pequeñas
	Obtener existencias en el almacén	Obtener existencia de la producción
PROCEDIMIENTOS DE PRODUCCION	Corrida de producción de modelo fijo	Corrida de producción de modelos combinados
	Mantener ocupados a los trabajadores	Mantener a los materiales en movimiento
	Detectar defectos de producción	NO APLICA
	Rendimiento medido por la producción y los logros individuales	Medidas de rendimiento: calidad individual y mejoramiento de la productividad en equipo
	El departamento de control de calidad vigila la calidad	Los trabajadores individuales son responsables de la calidad

La modalidad actual de los negocios tiene a tomar la idea básica de un sistema Push, en producción es que una estación u operación inferior de producción solo produce partes para dar respuesta a la demanda proveniente de la siguiente estación u operación. Mientras no se exija algo, nada se hace. Esta práctica conduce a un mecanismo de control muy sencillo; el más conocido es kanban.

Situación actual

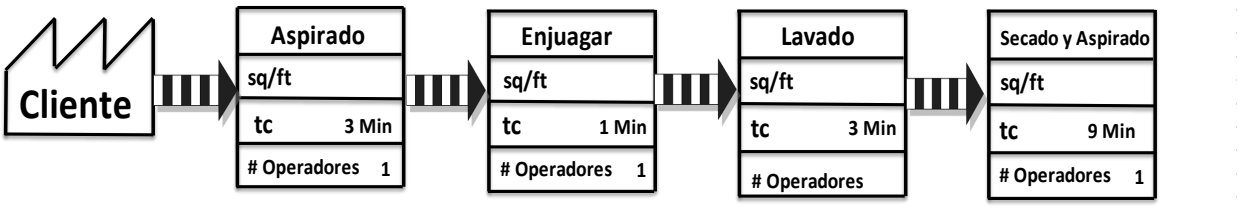


Figura 1.- Diagrama de flujo y mapa del sistema de producción Autofast

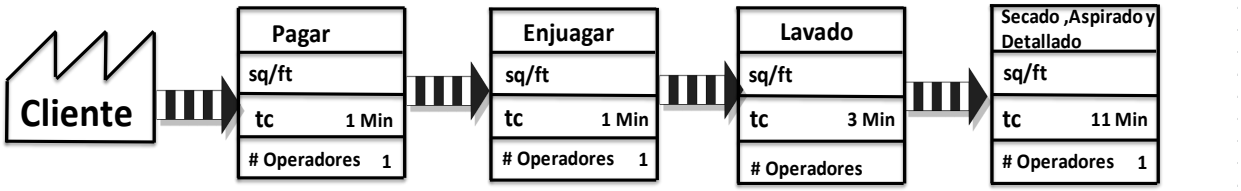


Figura 2.- Diagrama de flujo y mapa del sistema de producción Rapidlava

La siguiente etapa del estudio es trabajar con el proceso de la simulación, se trabajo con los dos tipos de auto lavados mecanizados. Informamos que el estudio está basado en la utilización del software PROMODEL 7 versión estudiantil de simulación, con el cual apreciamos visualmente cada una de las estaciones de trabajo y recursos, arrojándonos una serie de datos estadísticos los cuales fueron utilizados para realizar las gráficas y comparaciones que mostraremos más adelante. El proceso de la simulación fue de la siguiente manera, se efectuaron 3 corridas con diferentes tiempos en las estaciones de trabajo y para nuestro caso de estudio está definido para una corrida del lote con tamaño de 100 vehículos, para así poder analizar cuáles eran los cambios que mostraban cada estación de trabajo, los operadores y en si el sistema en total de cada auto lavado. Los tiempos de simulación de cada estación de trabajo son los siguientes:

Tabla1.- Tiempos y operaciones para el proceso de simulación de los sistemas de producción.

	Autofast *(simulaciones-minutos)*			*Rapidlava* *(simulaciones-minutos)*		
Operaciones	1ra	2da	3ra	1ra	2da	3ra
Lavado	4	4	4	4	4	4
Aspirado1/aspirado y detallado1	3	3	3	11	13	15
Aspirado2/aspirado y detallado2	3	3	3	11	13	15
Aspirado3/aspirado y detallado3	3	3	3	11	13	15
Detallado1/aspirado y detallado4	9	11	13	11	13	15
Detallado2/aspirado y detallado5	9	11	13	11	13	15
Detallado3/aspirado y detallado6	9	11	13	11	13	15
Pagar	n/a	n/a	n/a	1	1	1
Total	16	18	20	16	18	20

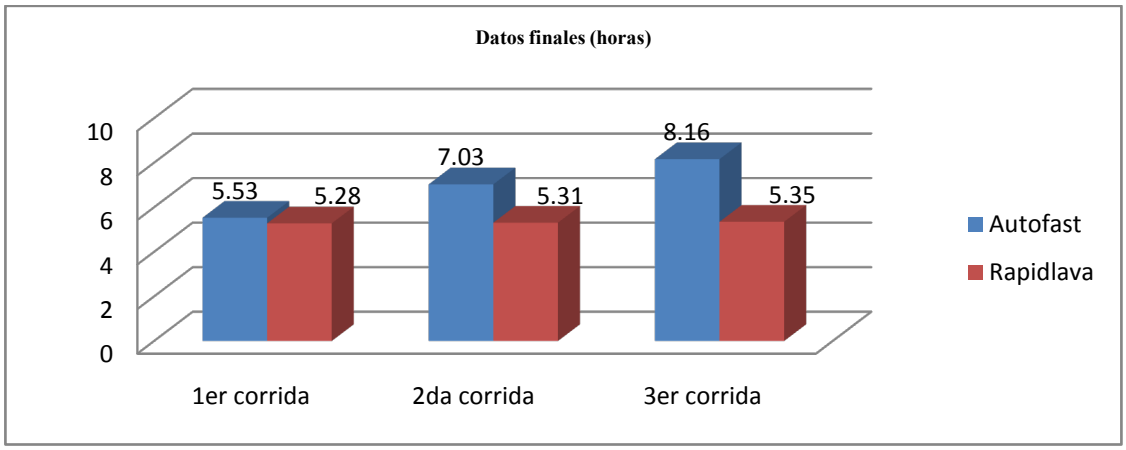


Figura 3.- Resultados de los tiempos al efectuar la simulación.

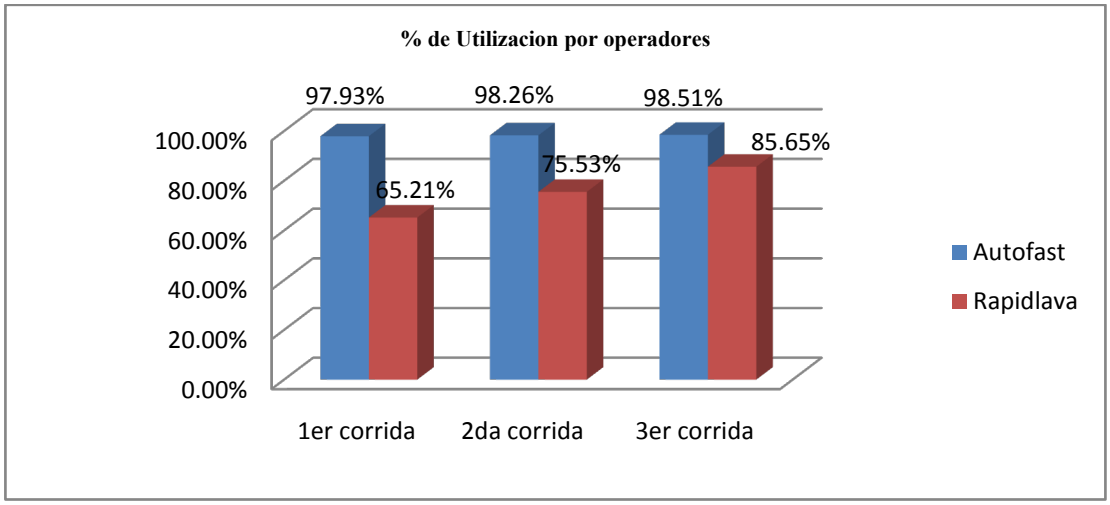


Figura 4.- Datos obtenidos para la utilización de los operadores.

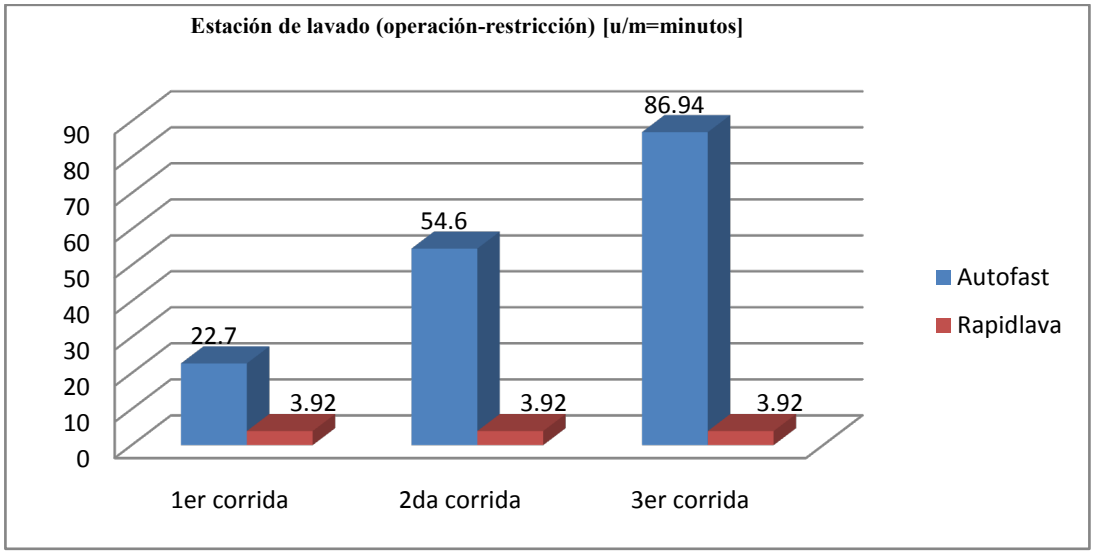


Figura 5.- identificación de la restricción por tipo de sistema de producción.

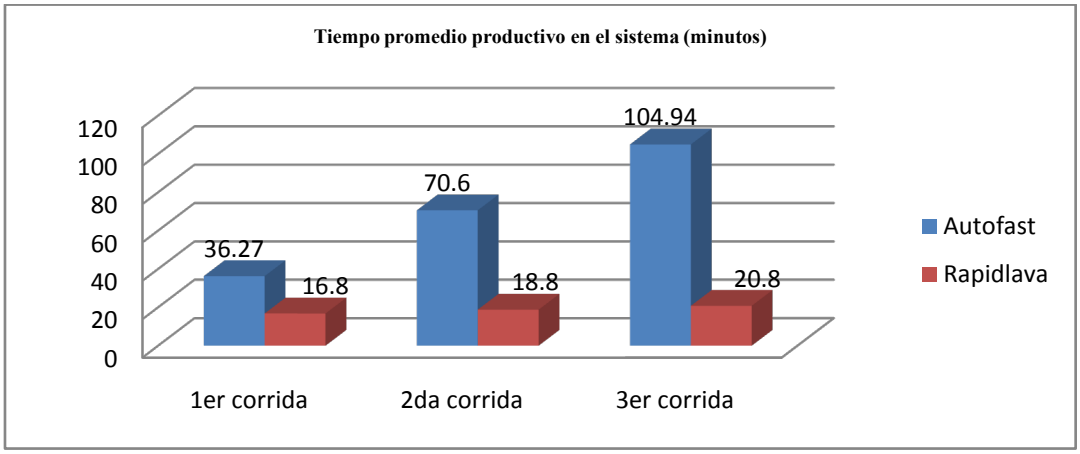


Figura 6.- Tiempo promedio productivo por el servicio al vehículo por tipo de sistema.

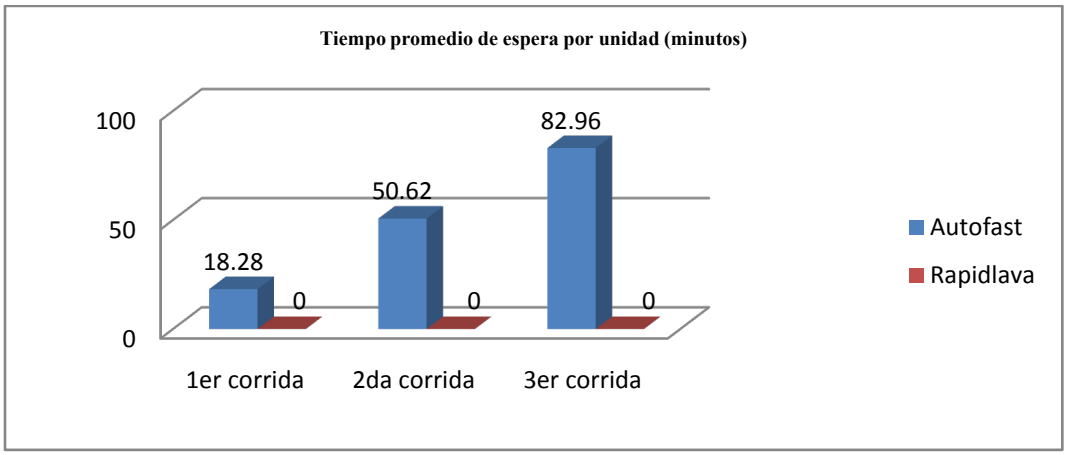


Figura 7.- Tiempo promedio de espera por el servicio al vehículo por tipo de sistema.

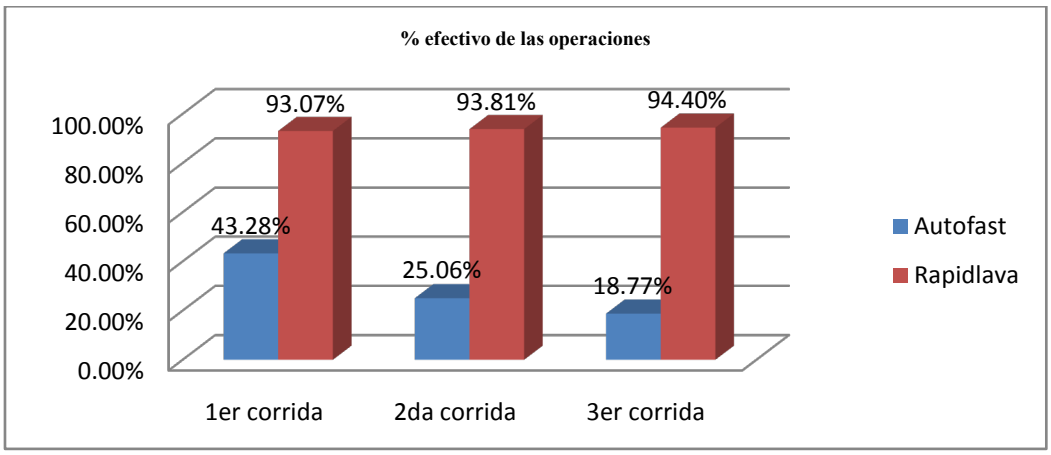


Figura 8.- Porcentaje de efectividad de las operaciones por tipo de sistema.

Resumen de resultados

Al concluir el proceso de la simulación para las tres corridas, la producción de datos obtenidos por el procedimiento de simular muestra las siguientes inconsistencias:

1. El tiempo de duración para lavar el lote de 100 vehículos, el sistema de Autofast fue más tardado y al estar incrementando el consumo de las operaciones, cada vez que se añadía más tiempo en las estaciones de trabajo y en su contraparte el sistema utilizado por Rapidlava mostro un tendencia lineal como lo indica la figura 3.
2. La utilización de la mano de obra en Autofast mostro que las operaciones están en total desequilibrio dado que los operarios de las primeras estaciones de trabajo duran mucho tiempo en atributo ocioso y los operarios de las ultimas estaciones trabajan a su máxima capacidad, y en su contraparte los operarios de Rapidlava tienen operaciones equilibradas como se muestra en la figura 4.
3. Se localizó una restricción (cuello de botella) en Autofast en la estación de trabajo de lavado, lo que ocasiona que los tiempos de espera se eleven considerablemente y por consecuencia eleva también el tiempo de respuesta, ver la figura 5.
4. Los datos adquiridos por la simulación apoya en determinar que es muy poco factible que un vehículo que se desee lavar en Autofast sea lavado en 15 minutos y en cambio en el proceso de Rapidlava se determina que es muy confiable que sea en 15 minutos, se indica en la figura 6.
5. Los tiempos de espera en Autofast se elevan considerablemente, provocado por la restricción que se localizó, esto se representa en la figura 7.
6. Los tiempos de operación son muy afectados al utilizar un sistema Push, por el efecto de que la mayor parte del tiempo que dura un vehículo en el sistema, las acciones de estudio no agregan valor al producto, en cambio utilizando un sistema de Pull todas las operaciones de estudio se aprovechan al máximo, debido a que no existen tiempos improductivos y muestran en la figura 8.

Conclusiones

Se establece que el sistema de producción Pull utilizado para el proceso de auto lavado de Rapidlava muestra ser más rápido y eficiente. Al utilizar un sistema Pull en el proceso de auto lavado mecanizado se eliminan en gran cantidad el inventario en proceso (WIP), como efecto de no tener mostrar ningún cuello de botella. El sistema Pull utilizado por Rapidlava disminuye sustancialmente los tiempos de espera. Para el negocio Rapidlava provoca que los trabajadores consuman tiempos de operación muy similar, esto es causado por manejar el procedimiento de tener balanceadas las estaciones de trabajo. El uso de un sistema Pull provoca disponer der altos porcentajes de uso en las operaciones al tener presentarse muy pocas acciones que no agrega valor al sistema.

Referencias

ARIZTÍA, MODELO DE SIMULACIÓN DE LA PLANTA DE ALIMENTOS Y PROCESO DE DISTRIBUCIÓN, http://www.simulart.cl/casos-exito/

Chase Richard B., Aquilano Nicholes J., Jacobs Robert (2000), Administración de producción y operaciones, Octava edición, Mc Graw Hill, Interamericana S.A. de C.V.
Cimorelli Stephen C. (2006), Kanban for the supply chain: fundamental practices for manufacturing management, Productivity Press

Consultoría Sigma Ingeniería (2006), Manufactura Esbelta, http://sigmaingenieria.com/8desperdicios.htm

Goldratt Eliyahu M. (1990), Theory of Constraints, print by Avraham Y. Goldratt Institute.

Haekler Steve, Stretch Kyle, Schroyer Dale, and Zaino Tony (2009), Biotech Production: Planning, Scheduling and Throughput Analysis with a Combined Theory of Constraints, Lean and Simulation Approach
http://www.pharmamanufacturing.com/articles/2010/103.html (www.promodel.com)

Hicks Philips E. (2000), Ingeniería industrial y administración, una nueva perspectiva, Editorial Continental S.A. de C.V.
Krieg George N (2005), Kanban-Controlled Manufacturing Systems, Productivity Press

Martínez Marta, Justo a Tiempo (2006), http://www.monografias.com/trabajos6/juti/juti.shtml

PROMODEL Corporation, Reference guide (1997), printed in USA.

Womack James P. and Jones Daniel T. (1996), Lean Thinking, Simon and Shuster.

Aplicación de la Metodología de Seis Sigma en la Mejora del Proceso de Termoformado de Tubos de Nylon con Aire Comprimido a Alta Temperatura.

Dr. Jorge Pedrozo Escobedo[1] y Simon Ayala Ramirez MC[2]

***Resumen*—**El proceso de termoformado de tubos consiste en calentar y reblandecer tubos de cualquier material termoplástico y someterla a que adopte la configuración del molde correspondiente para así, obtener un producto casi terminado con una morfología particular. En el proceso de termoformado de tubos de nylon utilizando como fuente de energía aire comprimido a altas temperaturas la transferencia de calor es una de las etapas más difíciles de controlar y en la que se presentan las mayores dificultades, ocasionando altos índices de defectos debido principalmente a la alta variación de la temperatura de revenido del polímero termoplástico. El presente estudio muestra en un caso práctico como la metodología de Seis Sigma fue utilizada exitosamente en la mejora de este proceso

***Palabras claves*—** Seis Sigma, Termoformado, Termoplásticos.

Introducción

En la actualidad es difícil imaginar que algún sector, productivo o económico, pueda prescindir de los plásticos. Basta una simple visualización a nuestro alrededor para verificar la importancia que tienen estos materiales en nuestro diario vivir. La producción de plásticos continuará creciendo, abarcando distintos sectores, debido principalmente a sus propiedades y a su relación costo-beneficio. Ellos presentan gran variedad de propiedades, algunas de las cuales no son posibles de obtener en otros materiales. Los plásticos se clasifican en termoplásticos y termoestables. Básicamente, todos los polímeros termoplásticos son adecuados para el proceso de termoformado. Dichos materiales, cuando son sometidos a un calentamiento presentan una variación en su módulo de elasticidad, dureza y capacidad de resistencia bajo carga. Con un incremento de temperatura que rebase el H.D.T. Klein (2009), el comportamiento del material tenderá a volverse en un estado ahulado, teniendo como valor crítico la temperatura de revenido del polímero termoplástico. Esto puede observarse en el rápido pandeo de la hoja calentada, cuando la fuerza de gravedad se vuelve suficiente para causar esta deformación.

Cuando se calienta un material termoplástico a temperaturas y tiempos adecuados puede adoptar diferentes formas predeterminadas. Al enfriarse puede recobrar su rigidez y conservar la forma que se le ha preestablecido mediante un molde. Se emplean diferentes alternativas y combinaciones de ellas. En el proceso de termoformado están involucradas distintas herramientas que interactúan para obtener el producto deseado. Las herramientas utilizadas son: un sistema de calentamiento que permite obtener la temperatura de termoformado, el molde sobre la cual el termoplástico se carga y que dará la forma al producto deseado y el sistema de enfriamiento para que el material recupere las características de su rigidez original, Domasius y Randall (2010).

El Proceso de Termoformado de Tubos de Nylon

El proceso de termoformado de tubos de nylon para la industria automotriz comienza, con el proceso de extrusión, pellets de plástico son utilizados para extruir tubos de nylon rectos a diferentes longitudes, diámetros y paredes, una vez que los tubos de nylon son extruidos, el siguiente paso en el proceso de termoformado es conocido como doblado. En el proceso de doblado los tubos de plástico son ruteados en un molde que contiene la forma requerida, una vez cargado el tubo en el molde se inicia el proceso de calentamiento el cual se logra a través de la inyección de aire comprimo a temperaturas mayores de 700 ºF. El aire caliente inyectado a alta velocidad es la vía por la cual se transfiere la energía calorífica necesaria para alcanzar la temperatura de revenido en el material termoplástico. Cuando la temperatura de formación es alcanzada, la inyección de aire caliente es suspendida para iniciar con un tiempo de estabilidad, en el cual el material comienza a enfriarse a temperatura ambiente, el siguiente paso en el proceso de formado es la inyección de aire frio (temperatura del aire del compresor) hasta alcanzar la temperatura a la cual el tubo de nylon recupera su rigidez original.

Proyecto de Seis Sigma de Doblado de Tubo de Nylon

Descripción del Proyecto:

Aplicación de la metodología Seis Sigma en la solución de los diferentes problemas de termoformado de tubo de nylon (tubos relajados, sobre-doblados, cortos y largos)

Metodología de Seis Sigma

La metodología de Seis Sigma se refiere a una forma eficiente y efectiva de administrar el negocio, acelerar la mejora de procesos y resolver problemas siguiendo un proceso estructurado completo en el cual se siguen los pasos de Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar denominado DMAIC (Siglas en ingles de Define, Measure, Analyse, Improve, and

[1] Dr. Jorge Pedrozo Escobedo es Profesor Investigador del Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, Chihuahua. jpedrozo@avonauto.com (**autor corresponsal)**

[2] Simon Ayala Ramirez MC. es Black Bell en Avon Automotive, compañía manufacturera de ensambles automotrices de plástico y hule en Cd. Juarez, Chihuahua sayala@avonauto.com

Control), Escalante (2003). En nuestro proyecto el proceso de transformación de tubos de nylon es simple por las pocas variables que existen, pero complejo por su sensibilidad al cambio en el nivel de cada una de las variables.

Definición del Proyecto:

Sin lugar a duda la definición es la parte más importante en el ciclo de la solución de problemas de termo formado de tubos, porque en ella se establecen las bases que permitirán en etapas subsecuentes el seguimiento a una metodología mas estructurada. La etapa de definición tiene como función básica la colección de datos. El primer paso en la definición es generar un diagrama general del proceso en el cual se tenga una representación visual de cómo es realmente el proceso y mostrando la relación que existe entre los elementos de entradas y salidas como lo muestra la figura No. 1.

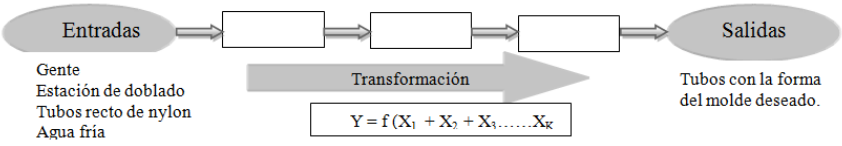


Figura 1. Proceso es una serie de actividades que transforman un conjunto de factores en un conjunto de respuestas

En nuestro proyecto los pasos a seguir en diagrama de proceso fueron definir las salidas o respuestas deseadas (conocidas también como características de calidad) que es la longitud del tubo de nylon, la forma que debe de tener, Posteriormente se definieron los factores de entrada que fueron temperatura, presión y tiempo.

Otras de las herramientas requeridas en la recolección de datos es el diagrama SIPOC (siglas en ingles de Supplier, Imput, Process, Outputs, Customers), Li y Cui (2005) el cual representa la voz del cliente y cuyos propósitos son asegurar que el alcance del proyecto este bien definido, para valorar la voz del cliente, mostrar la interrelación de los elementos en la cadena de cliente proveedor, identificar huecos alrededor del proceso y mostrar las características criticas de calidad. Figura No. 2 muestra el SIPOC para el proceso de doblado de tubo, también se realizo el diagrama para cada uno de los procesos.

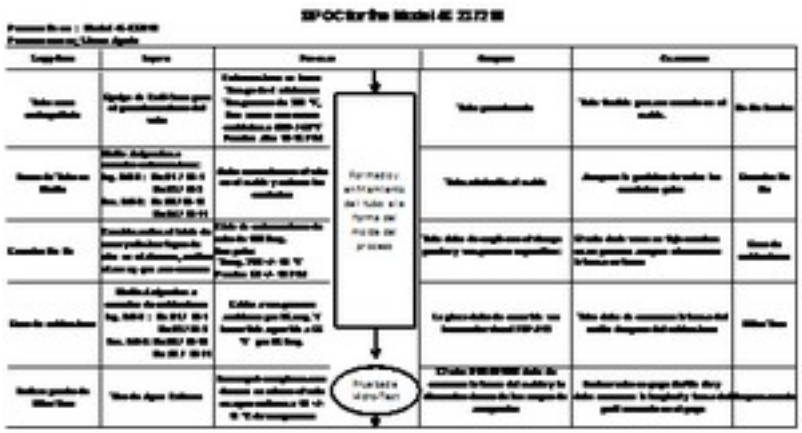


Figura 2. SIPOC del proceso de doblado de tubo.

Medición de las Variables del Proyecto:

La etapa de medición tiene como principal función convertir las ideas y objetivos del proyecto en un proceso estructurado de evaluación. Como menciono Geneshi Taguchi ¨ *Si no puedes medir, no puedes mejorar*¨ y el objetivo en esta etapa es la evaluación del sistema de medición para tomar decisiones con mayor soporte analítico, y estimular la mejora continua con un mejor enfoque de las aéreas que redituaran mas en el proceso. De las herramientas utilizadas en el proyecto se encuentran las siguientes:

Hoja de Revisión (Check sheet).- con la cual se obtuvo en una forma simple los datos de los modos de falla y los moldes que presentaban mayor defectos en el proceso para poder determinar cual debe ser el enfoque del equipo, ver cuadro No 1 con los modos de falla, moldes involucrados y días de la semana con mayor numero de defectos.

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM

Molde No.	Producción	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total	Total X defecto	Total X Molde
		600	973	900	1290	600	4363		
	Defecto								
1	T. Corto	7	7	30	6	13	63	1.4%	3.1%
	T. Largo	0	53	15	0	4	72	1.7%	
	Kinkeadas	0	0	0	0	0	0	0.0%	
2	T. Corto	17	10	26	11	31	95	2.2%	6.0%
	T. Largo	24	92	20	16	15	167	3.8%	
	Kinkeadas	0	0	0	0	0	0	0.0%	
4	T. Corto	9	3	40	4	7	63	1.4%	6.3%
	T. Largo	16	101	30	30	34	211	4.8%	
	Kinkeadas	0	0	0	0	0	0	0.0%	
10	T. Corto	28	11	50	8	22	119	2.7%	4.6%
	T. Largo	0	45	20	2	14	81	1.9%	
	Kinkeadas	0	0	0	0	0	0	0.0%	
11	T. Corto	12	9	35	8	12	76	1.7%	5.8%
	T. Largo	16	79	15	40	27	177	4.1%	
	Kinkeadas	0	0	0	0	0	0	0.0%	
12	T. Corto	21	14	15	6	17	72	1.7%	3.2%
	T. Largo	1	34	10	10	11	66	1.5%	
	Kinkeadas	0	0	0	0	0	0	0.0%	
		151	458	306	141	207	1263		
		25.2%	47.1%	34%	10.9%	34.5%	28.9%		

Cuadro 1. Hoja de revisión por molde y tipo de defecto.

Histograma:- En esta representación grafica se colecta los datos y se colocan de acuerdo a la frecuencia de cada evento. Dos de las principales ventajas que se tienen con el histograma son: el mostrar una cantidad grande de datos que es difícil de interpretar en una forma tabular e ilustrar rápidamente la distribución de los datos revelando las tendencias o variaciones de los datos. Ver figura 3.

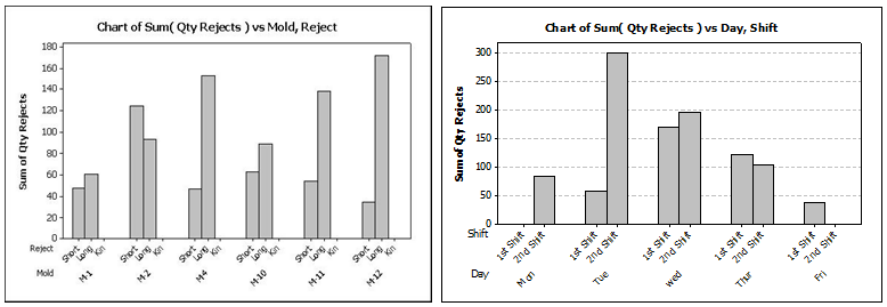


Figura 3. Histograma de rechazos por molde & modo de falla y por día & turno de trabajo.

Medición de capacidad de Proceso es la medición estadística inherente a la reproducibilidad del las características criticas del producto proporcionadas por el proceso. Las dos principales características utilizadas en la capacidad del proceso de doblado de tubo son la Capacidad de Proceso ($C_{p.}$) y el Capacidad del Proceso de la distribución de datos (C_{PK}).

En nuestro proyecto como la medición del proceso se mide por atributos con la utilización de un gauge, por lo cual fue necesario idear un sistema que transformara esos atributos a variables utilizando un punto de referencia en el gauge como lo muestra la figura no. 4

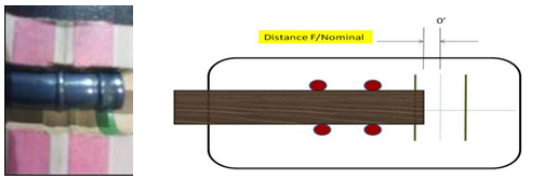


Figura 4. Transformación de característica por atributos a característica por variables

Capacidad de Proceso en la cual los tubos de nylon tiende una tendencia de mas cortos que el valor nominal, El $C_{p.}$ es aceptable pero el C_{PK} es bajo debido a la que la distribución se encuentra en los limites bajos de la especificación por lo que se requerida centrar el valor de la longitud del tubo al valor nominal. Ver figura 5

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

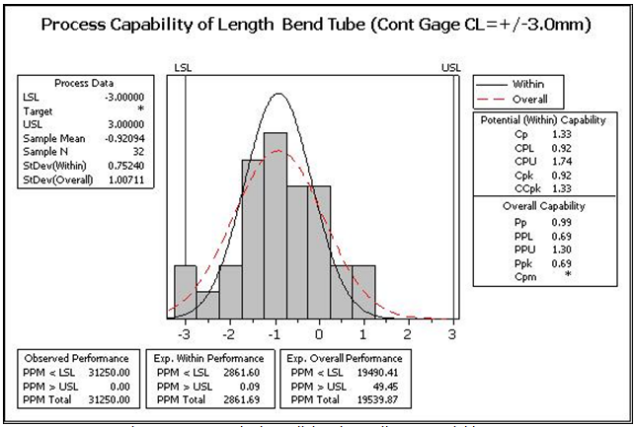


Figura 5. Método de medición de a atributos a variables.

Análisis del problema del Proyectó:

En esta etapa las herramientas y técnicas son aplicadas para identificar y validar la causa raíz del problema. El árbol de solución de problemas es una de las herramientas utilizadas en técnicas de Shaine que nos permite visualizar en forma general todas las fuentes de variación que se pueden tener en un proceso y paso a paso ir evaluando cada una de ellas hasta determinar cuál es su efecto en el causa raíz del problema.

Con el árbol de soluciones se puede visualizar los dos tipos de variaciones que se tienen en un proceso las cuales son la variación de la medición(M) y la variación del proceso (ΔP). Si realizamos una comparación de pares podemos ir descartando variables que no tienen influencia en el proceso.

Diseño de Experimentos (DOE)

Esta es la mejor herramienta que se tiene en el análisis de los factores que afectan en un problema, la definición de experimentación es: la manipulación de factores controlables (variables independientes) a diferentes niveles para medir su efecto en variables de respuesta (variables dependientes), en nuestro proyecto se utilizaron diferentes DOE como son: Prueba y Error, Un Factor a la Vez y un Diseño Factorial Completo.

Para entender como afectan la Temperatura y la Presión en el doblado de tubos de Nylon se decidió correr un DOE utilizando únicamente un molde y una estación de doblado para que estos factores fueran constantes, y poder evaluar únicamente temperatura y presión como lo muestra el siguiente arreglo de DOE.

FACTORES	**NIVELES**
Temperatura (725, 750 & 775 ◦F)	3
Presión (30, 45, 60 & 70 psi)	4

Respuesta de Evaluación: Longitud del Tubo de Nylon antes y después de la prueba de Hidro-test

Resultado del Diseño de Experimentos:

La tabla de ANOVA del DOE nos muestra que la presión tiene un doble impacto que la temperatura en la longitud del tubo, no existe una interacción que pueda ser considerable entre los dos factores y el error es mínimo en el DOE es mínimo en comparación con el impacto de los factores. Ver figura 6.

Con el fin de evaluar que los tubos de nylon conservaran a través del tiempo el perfil que se les dio en el molde, las piezas son sometidas a la prueba de hidro-test la cual fue descrita previamente. Los resultados de la siguiente grafica muestran las combinaciones que permiten que las piezas queden dentro de los limites de control de +/- 2.5 mm (Spec. +/- 3 mm) antes de la prueba de Hidro-test (B/H) y después de la prueba de Hidro-test (A/H).

El DOE nos muestra que los rangos de aceptación de temperatura deben de ser mayor 750 cuando la presión este arriba de 60 PSI ya que con presiones menores los tubos tienden a relajarse después de la prueba de hido-test saliéndose de los límites de control.

Diagrama de Causa y Efecto

Después de detectar el comportamiento de los factores que influyen en el formado del tubo de nylon, es posible generar el diagrama de Causa y Efecto en el cual se enlistan todas las posibles causas que influyen en el proceso.

Otras herramientas de Seis Sigma utilizadas en este análisis fueron: Análisis de Regresión que nos permitió establecer los parámetros mas adecuados para el proceso y el 5 Porqués (5 Why`s), cuyo objetivo es eliminar la causa- raíz del problema y no únicamente los efectos que se presentan en el proceso.

Two-way ANOVA: Length Tube CG B/H versus Temp, Pressure

Source	DF	SS	MS	F	P
Temp	2	29.929	14.9644	16.67	0.000
Pressure	3	94.628	31.5425	35.13	0.000
Interaction	6	9.130	1.5217	1.69	0.166
Error	24	21.548	0.8978		
Total	35	155.235			

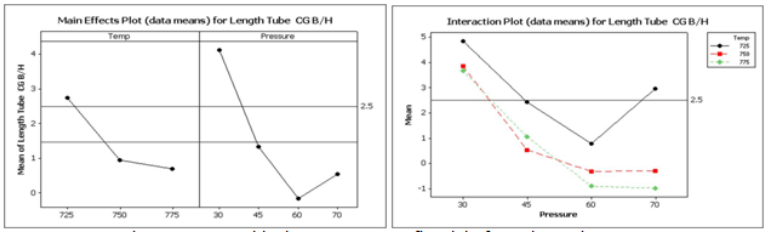


Figura 6. Tabla de ANOVA y grafica del efecto de Presión y Temperatura.

Mejoramiento del Proceso:

Durante la fase de mejoramiento las ideas y soluciones son puestas a trabajar, algunos experimentos e pruebas & error de solución se requieren para buscar la mejor opción en el mejoramiento del proceso. Se realizo un DOE factorial completo con el siguiente arreglo, las estaciones Ha Ha 1 & 2 corren los moldes M-1, M-2 M-4. Y las estaciones Ha Ha 3 & 4 corren los moldes M-10 M-11 & M-12, lo que significa que tres moldes se deben de estar rotando en 2 estaciones por lo que se pueden considerar dos DOE factorial completos.

FACTORES	**NIVELES**
Estaciones Ha Ha (1, 2, 3& 4)	4
Moldes (M-1, M-2, M-4, M-10, M-11 & M-12)	4

Respuesta de Evaluación: Longitud del Tubo de Nylon

La 1er grafica de la figura 7 nos muestra que existe un rango de 0.6 mm entre las estaciones Ha Ha y un rango de de 1.2 entre los moldes, en la segunda grafica se muestra la interacción entre los moldes y las estaciones Ha Ha. Se observa como los moldes M-4 y M-12 tienen un comportamiento diferente de los otros dos moldes de su grupo, independientemente si se corren en una u otra estación Ha. En base a este experimento el equipo decidió segregar los Moldes M-4 & M-12 y fijar un molde por estación y así eliminar la variable de interacción de la rotación de 3 moldes por estación. Los otros moldes fueron colocados en la siguiente forma: M-1/Ha #1, M-2/Ha #2, M-10/Ha #3 & M-11/Ha #4.

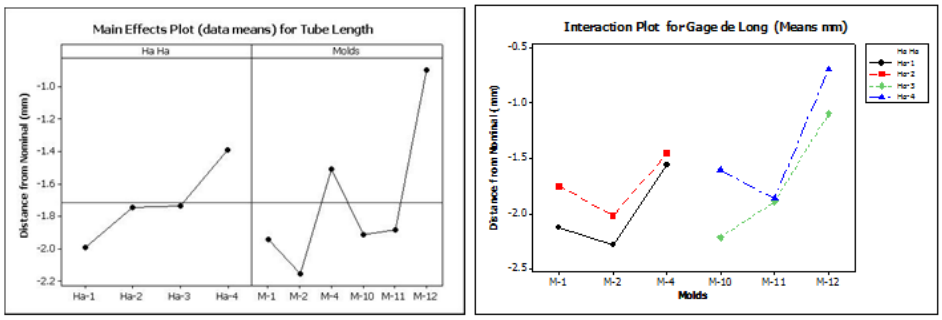


Figura 7. DOE para analizar el comportamiento de las estaciones & moldes de doblado.

Herramientas de control en el proyecto:

El objetivo de la fase de control es la implementación de soluciones, asegurando que esta solución es sostenible, y también la implementación de las lecciones aprendidas atreves de todos los procesos de la organización. Los principales resultados que se obtienen de la etapa de control son:

1.-*La Documentación Del Proyecto* en la cual se debe de documentar los efectos de la variación o desviaciones del proceso normal. En el proyecto de doblado de tubos se elaboro la siguiente tabla en la cual se muestra las variaciones que presenta la longitud del tubo al variar de 0 Segundos a 1200 segundos la transferencia de calentamiento a enfriamiento.

El efecto principal de variación se muestra en la pieza subsecuente del proceso debido a que el molde se enfría.

2.- *Compartir Las Mejores Prácticas.* En este proyecto se analizo como varia la longitud de tubo de nylon después de terminar su proceso.

3.-*Mantener el proceso con las mejoras*: Todas las mejoras al proceso deben de ser reflejadas como parte de la solución sistemática al problema y deben de estar documentadas en el Plan de Control de Procesos, PFMEA, Diagrama De Flujo, Cartas de Proceso, Mantenimiento Preventivo (MP).

El proyecto de doblado de tubos de nylon produjo excelentes resultados como lo muestran las figura 8, además puso las bases para los otros modelos que se corren con procesos similares al determinar los principales factores y el impacto que estos tienen en el proceso.

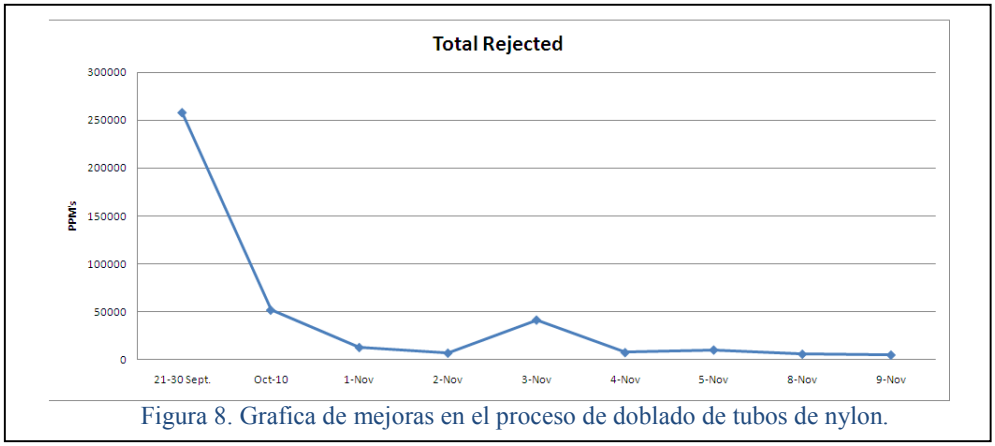


Figura 8. Grafica de mejoras en el proceso de doblado de tubos de nylon.

Conclusiones

Mediante la elaboración de este proyecto se pudo demostrar a la empresa la importancia de emprender mejoras en sus procesos basándose en técnicas estadísticas, siguiendo la metodología seis sigma, ya que anteriormente las mejoras se hacían a prueba y error o recolectando una gran cantidad de muestras, de las cuales solo se analizaban su media y desviación estándar a simple vista, sin ninguna prueba estadística, por lo que las conclusiones no eran adecuadas y además los costos de estas pruebas resultaban demasiado elevados ya que utilizaban tamaños de muestra incluso hasta de dos mil unidades.

Otro aspecto importante es que para implementar la mejora, no fue necesaria ninguna inversión, sino solamente controlar el ajuste de cada uno de los factores en los niveles establecidos. Antes de este proyecto no existía una forma fija de operar el proceso y éste se modificaba dependiendo del punto de vista o criterio de los operadores o del supervisor de línea. Los resultados obtenidos en éste proyecto pretenden servir de estímulo a la empresa para el desarrollo de futuros proyectos y mejora de sus procesos mediante la aplicación de la metodología seis sigma.

Referencias

Klein P.W. "Fundamentals of Plastics Thermoforming", Morgan and Claypool Publishers | ISBN: 1598298844 | 2009.

Domasius N. y Randall T. " Reinforced Thermoplastics Basics," A Journal of the Thermoforming Division of the Society of Plastic Engineers, Vol. 29, No. 2 pp 8-11, 2010.

Escalante, E.; Seis sigma: Metodología y técnica, 1a edición, 17 - 21, Limusa, México, D.F. (2003).

Li, Y.Q., S. Cui, X.Y. Ruan y D.J. Zhang; Application of six sigma Robust Optimization in Sheet Metal Forming, American Institute of Physics: A, 819-824 (2005).

Selección de la Mejor Política de Mantenimiento en Células de Manufactura Flexibles a Través del Diseño Axiomático

Dr. Jorge Pedrozo Escobedo[1], Dra. Aide Aracely Maldonado Macias[2] y Dr. César Omar Balderrama Armendáriz[3]

***Resumen*—** Las Células de Manufactura Flexibles (CMF's) operan frecuentemente con un incremento en el porcentaje de fallas debido a la extensa utilización y desgaste de los equipos. Mientras que los planes de mantenimiento pueden eliminar fallas por desgaste, las fallas al azar son todavía inevitables. La selección de la mejor política de mantenimiento es una actividad muy importante para un sistema de mantenimiento eficaz. El concepto básico en el diseño axiomático (DA) es la existencia de los dos axiomas del diseño. El primero de estos axiomas es el axioma de la independencia y segundo es el axioma de la información. El axioma de la información propone la selección de la alternativa apropiada, que tiene la mínima información. La selección de la mejor política de mantenimiento bajo requerimientos funcionales específicos usando el axioma de la información será observada en este estudio.

***Palabras claves*—** Diseño Axiomático, Células Flexibles, Mantenimiento, Disponibilidad.

Introducción

La creciente tendencia hacia la automatización ha traído como consecuencia el diseño de equipo cada vez más complejo y a su vez ha ocasionado que los encargados del mantenimiento presten aún más atención a mantener esta clase de equipo. Mientras que muchos estudios relacionados con el mantenimiento han sido efectuados en sistemas automatizados tradicionales, muy pocas investigaciones se pueden encontrar dirigidas hacia los efectos que las políticas del mantenimiento tienen sobre la operación de un sistema de manufactura conformado por Células de Manufactura Flexible (CMF).

Durante la vida útil de una CMF es bien sabido que experimentará más desgaste que una maquina tradicional operada durante el mismo periodo de tiempo. Esto es porque, según Vineyardand y Meredith (1992), una CMF típicamente operará con una utilización entre el 70-80% mientras que una máquina tradicional podría operar a una utilización tan baja como del 20%. El resultado es que un CMF tendrá cuatro veces más desgaste que una máquina tradicional. El efecto que tiene el alto porcentaje de utilización de las CMF en los índices de desempeño del sistema de manufactura no es bien sabido aún. Sin embargo, se puede observar claramente que el uso acelerado de una CMF daría lugar a índices de fallas más altos, que alternadamente necesitarían y aumentarían la importancia del mantenimiento y las actividades relacionadas con el mismo.

La implementación del mantenimiento preventivo (MP) puede ser a periodos de tiempos (MP programado) o en alguna otra oportunidad (MP por oportunidad), que se presenta cuando el equipo es parado por alguna otra razón. Si se mantiene el equipo solo cuando falla entonces recibe el nombre de mantenimiento correctivo CM). Existe un extenso trabajo de investigación publicado en las áreas de modelación, optimización y administración del mantenimiento. Dekker (1996) presentó una revisión excelente de los modelos de optimización del mantenimiento.

Políticas de Mantenimiento en CMF

Los estudios previos que se han enfocado en el modelado y la optimización del mantenimiento, en su mayoría han concentrado sus objetivos en encontrar un equilibrio óptimo entre los costos y los beneficios del mantenimiento preventivo (MP). Dos políticas del MP originadas de investigaciones anteriores son conocidas como modelos de remplazo basada en la edad de equipo y basada en tiempo especifico (frecuencia). En el modelo basado en la edad del equipo, si la falla ocurre antes del MP programado, el MP es reprogramado partir del tiempo que se realiza el mantenimiento correctivo (MC) en el equipo. Por el otro lado, en el modelo basado en tiempo específico, el MP se realiza siempre a las frecuencias programadas sin importar si ocurre alguna falla del equipo antes del próximo MP. Otras políticas de mantenimiento basadas en los dos conceptos revisados anteriormente han sido discutidas en la literatura. La mayoría de estos estudios se concentran en el modelado del mantenimiento efectuado a equipo convencional con la asunción de que el tiempo para la falla sigue una distribución Weibull. En este estudio, hemos aplicado y evaluado cuatro políticas del mantenimiento en una CMF. Esto dio lugar a cuatro políticas distintas las cuales son descritas a continuación.

1. Política de solo Mantenimiento Correctivo (PMC).

La CMF recibe mantenimiento correctivo solamente cuando cualquier equipo falla.

2. Política de MP basado en tiempo especifico con MC (PBT)

En este caso, el equipo se sujeta a un mantenimiento preventivo al final de cada turno para eliminar las fallas por desgaste durante el turno. Sin importar si algún MC fue efectuado entre dos MP programados, las actividades de MP son siempre realizadas como fueron programadas el final de cada turno sin afectar el plan de producción, ver figura 1.

3. Política de MP basado en la edad con MC (PBE)

[1] Dr. Jorge Pedrozo Escobedo es Profesor Investigador del Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, Chihuahua. jpedrozo@avonauto.com (**autor corresponsal)**
[2] Dra. Aide Aracely Maldonado Macias es Profesora Investigadora de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chihuahua amaldona@uacj.mx
[3] El Dr. Cesar Omar Balderrama Armendáriz es Profesor Investigador de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chihuahua cesar.balderrama@uacj.mx

En esta política, el mantenimiento preventivo se programa al final de cada turno, pero cambia si el equipo experimenta un mantenimiento correctivo. Supongamos que el tiempo entre las actividades del MP se fijan a T horas. Si después de realizar una operación particular del MP, el equipo falla y un MC se realiza antes del próximo MP, entonces el siguiente MP se cambia a T horas después comenzando a partir del tiempo en que el MC se termina. Esto se basa en la lógica de que cuando un MC se realiza la necesidad del próximo MP se elimina y por lo tanto debe de ser reprogramado T unidades de tiempo desde que el ultimo MC fue efectuado, la figura 2 muestra este proceso.

4. Política de MP Disparado por Oportunidad con MC (PDO)

En esta política las actividades de MP se realizan cuando son disparadas por un mecanismo de fallas, es decir, si ocurre una falla que requiere MC, también dispara la operación de MP. Así, el mantenimiento correctivo y el mantenimiento preventivo son realizados al mismo tiempo cuando una falla ocurre.

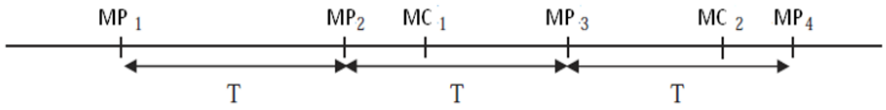


Figura 1. Política de MP basado en tiempo especifico con MC (PBT)

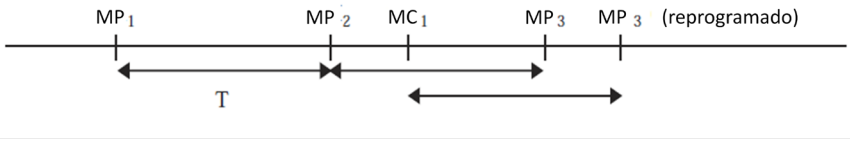


Figura 2. Política de MP basado en la edad con MC (PBE)

Diseño Axiomático

La teoría del diseño axiomático provee un marco de referencia valioso para guiar a los diseñadores a través del proceso de decisión con el fin de alcanzar resultados positivos en función del objetivo final del diseño, Suh (1990).

El postulado básico del diseño axiomático es que hay axiomas fundamentales que gobiernan el proceso del diseño. Siendo más específico dos axiomas fueron identificados examinando los elementos comunes siempre presentes en buenos diseños, sean para diseñar producto, proceso, o sistemas.

1. Axioma de Independencia. La independencia de los requisitos funcionales (FR por sus siglas en ingles functional requirement) debe ser mantenida siempre; por ejemplo, decisiones del diseño deben ser hechas siempre sin la violación de la independencia entre cada uno de los requisitos funcionales. Los FR se definen como el número mínimo de requerimientos independientes que caracterizan las metas del diseño.
2. Axioma de Información. Minimizar al mínimo el contenido de información; por ejemplo, entre los diseños que satisfacen el axioma de independencia. El diseño que tiene la más alta probabilidad de éxito es el mejor diseño.

Houshmand y Jamshidnezhad (2002) muestran en su investigación sobre el diseño de sistemas de producción esbelta como la metodología del diseño axiomático puede ser utilizada no sólo para el diseño de productos sino también para diseñar sistemas, a su vez Celik y otros (2007) muestran como el enfoque axiomático es utilizado para evaluar la mejor opción.

Basado en estas investigaciones y con el fin de darle una base científica a la metodología desarrollada durante esta investigación, la mejor política de mantenimiento fue seleccionada usando el axioma de información desarrollado por Suh (1990),

Axioma de Información

Minimizar el contenido de información.

Información es definida en términos del contenido de información a la cual es referida, en su forma más simple, como la probabilidad de satisfacer una FR dada. En el caso general de n FR para un diseño desacoplado, la satisfacción de la información es:

$$I = \sum_{i=1}^{n} -\log(p_i). \tag{1}$$

donde:
pi probabilidad {DPi satisface FRi}

Ya que existe n FR, el total de información a satisfacer es la suma de todas esas probabilidades. El axioma de información establece que el diseño con mínima I es el mejor diseño, ya que requiere la mínima cantidad de información para alcanzar las metas del diseño. Cuando pi = 1 (para todas las i) entonces I = 0, y contrariamente la información requerida es infinita cuando pi = 0 para alguna i.

En cualquier situación de diseño, la probabilidad de éxito por lo que el diseñador desea alcanzar en términos de las tolerancias (rango del diseño) Cengiz y Kulan (2005) y lo que el sistema es capaz de entregar (rango del sistema). Como se muestra en la figura 3 la intersección entre el rango de diseño y el rango del sistema es la región aceptable donde la solución existe

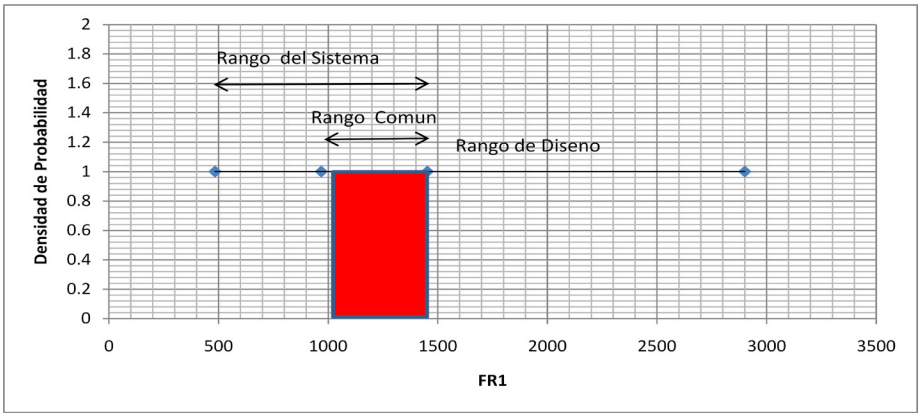


Figura 3. Rango del Diseño, Rango del Sistema, Rango Común y la Función de Densidad de Probabilidad Uniforme para un FR

Por lo tanto en el caso de una función de Densidad de Probabilidad Uniforme pi puede ser escrita como:

$$pi' = \frac{RC}{RS} \tag{2}$$

Por lo tanto, el contenido de información es igual a:

$$I\,i = \log 2\ \frac{RS}{RC} \tag{3}$$

Si FR es una variable continua, la probabilidad de satisfacer el FR dentro del rango de diseño puede ser expresada como:

$$p_i = \int_{dr^1}^{dr^u} p_s(\mathrm{FR}_i)\, d\mathrm{FR}_i \tag{4}$$

Donde ps(FR*i*) es la función de densidad de probabilidad del sistema para FR*i* . En la figura 4 el área del rango común (Acr) es igual a la probabilidad de éxito.

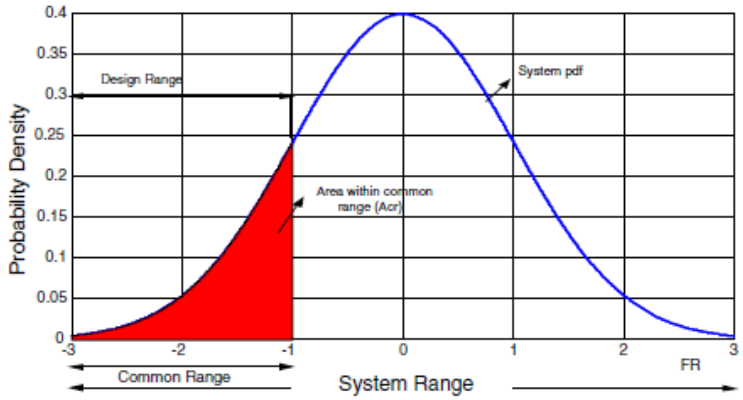


Figura 4. Rango del Diseño, Rango del Sistema, Rango Común y la Función de Densidad de Probabilidad para un FR

Por lo tanto la cantidad de información es igual a:

$$I = \log_2\left(\frac{1}{A_{cr}}\right) \tag{5}$$

El axioma 2 trata con la complejidad que depende del número de FRs y DPs (tamaño de la solución) y de sus variaciones. Shanon (1948) en sus estudios de las comunicaciones digitales denomina entropía a la medición de la complejidad de la señal debajo de la cual ya no se puede comprimir.

Selección de la Mejor Política de Mantenimiento

Para seleccionar la mejor política de mantenimiento en una CMF de las cuatro políticas propuestas utilizando el axioma de información es necesario establecer los criterios de selección en base a los índices de desempeño tradicionales en el área de mantenimiento empleados en las CMF, estos índices se utilizaron como requerimientos funcionales cuantitativos para poder ser evaluados, Pedrozo y Aldape (2009). Los criterios considerados son costo del mantenimiento, disponibilidad del equipo, tasa de rendimiento, tasa de calidad.

FR1: Tasa costos globales de mantenimiento (TCG) debe ser menor de 3%.
FR2: Disponibilidad del equipo (DE) debe ser mayor que 90%
FR3: Tasa de rendimiento (TR) debe de ser mayor que 95%
FR4: Tasa de calidad (TC) debe ser mayor que 99%

Cada una de las políticas de mantenimiento fue implementada en 4 células de manufactura flexible, las cuales llamaremos CMF1, CMF2, CMF3 y CMF4, una por célula. Las cuatro células son idénticas en distribución y equipo y pertenecen a una familia de productos con volúmenes de producción similares y pueden ser producidos en cualquiera de ellas indistintamente. En la CFM1 se implemento la política de mantenimiento PMC, en la CFM2 se implemento la PBT, en la CFM3 se implemento la PBE y por ultimo en la CFM4 se implemento la PDO.

Los datos del rango del sistema para cada una de las diferentes políticas de mantenimiento evaluadas en este estudio son resumidos en la cuadro 1.

Política de Mantenimiento	Criterio de Selección			
	(TCG) menor 3%	(DE) mayor 90%	(TR) mayor 95%	(TC) mayor 99%
PMC	4.1% - 2.9%	91% - 79%	96% - 89%	99.2% - 98.5%
PBT	2.9% - 2.4%	94% - 91%	96% - 90%	99.5% - 99.2%
PBE	2.7% - 2.4%	93% - 90%	96% - 90%	99.4 % - 99.2%
PDO	2.6% - 2.0%	92% - 90%	97% - 93%	99.7% - 99.6%

Cuadro 1. Datos del rango del sistema para las diferentes Políticas de Mantenimiento.

Calculo del Contenido de Información

En la figura 5 podemos ver el rango del diseño RD para el FR1 que representa lo que el diseño desea alcanzar en termino de metas, así como el rango del sistema RS, es decir, lo que el sistema es capaz de entregar, la intersección entre el RD y el RS es la región donde la solución aceptable existe y recibe el nombre de Rango Común RC. Por lo tanto, en el caso de la función de distribución de probabilidad uniforme pi para el RF1 puede ser escrita como:

$$pFR1\ (TCG) = \frac{RC}{RS} \quad (6)$$

Por lo tanto, el contenido de información es igual a:

$$I\ FR1\ (TCG) = \log 2\ \frac{RS}{RC} \quad (7)$$

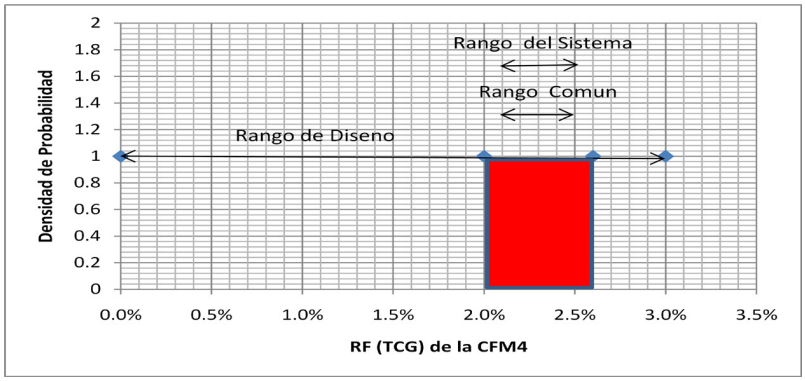


Figura 5. Rango del Diseño, Rango del Sistema, Rango Común y la Función de Densidad de Probabilidad Uniforme de FR1 de la CFM4

El rango del sistema y el rango común mostrados en la figura 5. son calculados de la siguiente manera:

$$RS = 2.6\% - 2.0\% = 0.6\%$$

$$RC = 2.6\% - 2.0\% = 0.6\%$$

El contenido de información *I* (TCG) para la CFM4 es:

$$I\ (TCG) = \log 2\ (0.6\% / 0.6\%) = 0.0$$

Los Cuadros 2 y 3 muestran la probabilidad de satisfacer cada FR y los resultados del contenido de información para las distintas políticas de mantenimiento respectivamente. Como el axioma de información establece que la técnica de mantenimiento con el mínimo contenido de información es la mejor, los resultados muestran que la mejor opción o política de mantenimiento es PDO.

Política de Mantenimiento	Criterio de Selección			
	p(TCG)	p(DE)	p(TR)	p(TC)
PMC	0.0833	0.166667	0.166667	0.28571
PBT	1.0	1.0	0.166667	1.0
PBE	1.0	1.0	0.2	1.0
PDO	1.0	1.0	0.5	1.0

Cuadro 2. Resultados de la Probabilidad de Satisfacer cada RF para las Diferentes Políticas de Mantenimiento Evaluadas..

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM

Política de Mantenimiento	Criterio de Selección				
	I(TCG)	*I*(DE)	*I*(TR)	*I*(TC)	∑ *I*
PMC	3.5849	2.5849	2.5849	1.8073	10.6
PBT	0.0	0.0	2.5849	0.0	2.6
PBE	0.0	0.0	2.3219	0.0	2.3
PDO	0.0	0.0	1.000	0.0	1.0

Cuadro 3. Resultados del Contenido de Información de las Diferentes Políticas de Mantenimiento Evaluadas.

Comentarios Finales

Resumen de resultados

Este trabajo se realizó con el fin de seleccionar de manera científica la mejor política de mantenimiento para el concepto de células flexibles de manufactura, a través del axioma de información, cuatro políticas de mantenimiento distintas fueron identificadas basándose en los dos tipos de mantenimiento mayormente utilizados en la industria, el mantenimiento correctivo y el mantenimiento preventivo, el estudio mostró que la mejor alternativa como política de mantenimiento fue la política de disparo por oportunidad (PDO).

Recomendaciones

Para la elaboración de este estudio se consideraron solo cuatro requerimientos funcionales los cuales sirvieron de criterios de selección, pero es recomendable que se extienda esta investigación incorporando otros requerimientos funcionales con el fin de validar los resultados de esta investigación.

Referencias

Celik M. et al , Fuzzy axiomatic design-based performance evaluation model for docking facilities in shipbuilding industry: The case of Turkish shipyards. Expert Systems with Applications Journal, 2007

Cengiz K. y Kulak O., Multi-attribute comparison of advanced manufacturing systems using fuzzy vs. crisp axiomatic design approach. International Journal of Production Economics 95 (2005) 415–424

Dekker R. Applications of maintenance optimization models: a review and analysis. Reliability Engineering and System Safety 1996;51:229–40.

Houshmand y Jamshidnezhad . Conceptual Design of Lean Production Systems through an Axiomatic Approach. Second International Conference on Axiomatic Design Cambridge, MA – June 10&11, 2002 ICAD 033.

Pedrozo y Aldape, Diseño de un modelo de optimización del mantenimiento a través del enfoque axiomático. Congreso de Investigación de AcademiaJournals.com . Universidad Veracruzana Boca del Río, Veracruz, México . pp 124- 130.CIAJ 2009

Shannon C.: A (1948). Mathematical Theory of Communication, Bell System Technical Journal, Vol. 27, pp. 379–423, 623–656,

Suh, N.P. , 'The Principles of Design, Oxford University Press. 1990

Vineyard ML, Meredith JR. Effect of maintenance policies on FMS failures. International Journal of Production Research 1992;30(11):2647–57

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

Modelo del Tamaño de Lote Capacitado con Tiempos de Setup Multi-Periodo Aplicado al Problema de Asignación de la Producción en Máquinas Moldeadoras de Inyección de Plástico

Ing. David Oliver Pérez Olguín[1], M.C. Consuelo Catalina Fernández Gaxiola[2] y Dr. Iván Juan Carlos Pérez Olguín[3]

***Resumen*— En el presente artículo se plantea el problema de asignación de la producción de una serie de máquinas moldeadoras de inyección de plástico, que producen múltiples artículos, considerando los tiempos de setup, aplicando el modelo del tamaño de lote capacitado, partiendo de la formulación estándar para un solo periodo y extendiéndola para considerar el tratamiento del problema en múltiples periodos, planteando distintos escenarios a través de un horizonte de planificación. La solución del problema se efectúa mediante la técnica de ramificación y acotación (branch and bound).**

***Palabras claves*: Tamaño de lote capacitado, tiempos de setup, inyección de plástico, programación lineal, ramificación y acotación.**

1. Introducción

La planeación de la producción es una herramienta que permite a las empresas reaccionar adecuadamente a los constantes cambios requeridos por el mercado, siendo el problema del tamaño de lote capacitado multi-artículo con tiempos de setup, un modelo que se presenta en muchas aplicaciones de planeación de la producción, tanto en su forma estándar como con algunas restricciones adicionales, dependiendo de las condiciones y/o complicaciones que afectan al proceso.

Este modelo se centra en los niveles de producción, inventario y setup necesarios para satisfacer los requerimientos de demanda fluctuante a través de un horizonte de planificación, donde el horizonte de planificación se divide en periodos utilizados para retroalimentar el modelo original y obtener datos con mayor aproximación a la realidad, los cuales permiten tomar mejores decisiones.

Normalmente los recursos necesarios para la elaboración de los productos se asumen como fijos durante el periodo de planificación de interés, siendo el objetivo la optimización de estos recursos, satisfaciendo los requerimientos de la demanda. Las restricciones se plantean detalladamente para que representen el proceso de producción y son estas restricciones las que deciden las cantidades específicas de productos a producir.

Siendo la formulación estándar para un solo periodo:

$$min \sum_{i=1}^{P} p_i \; x_i \; + \sum_{i=1}^{P} q_i \; y_i \; + \sum_{i=1}^{P} h_i \; s_i \qquad (1.1)$$

$sujeto\ a$:

$$x_i \; + s_i \; \geq d_i \; , \qquad i = 1, \dots, P \qquad (1.2)$$

$$\sum_{i=1}^{P} x_i \; + \sum_{i=1}^{P} t_i \; y_i \; \leq c, \qquad i = 1, \dots, P \qquad (1.3)$$

$$x_i \; \leq (c - t_i \;) y_i \; , \qquad i = 1, \dots, P \qquad (1.4)$$

$$x_i \; , s_{i0} , s_i \; \geq 0, \qquad i = 1, \dots, P \qquad (1.5)$$

$$y_i \; \in \{0,1\}, \qquad i = 1, \dots, P \qquad (1.6)$$

[1] Ing. David Oliver Pérez Olguín, Estudiante de Maestría de la Universidad de Occidente, Los Mochis, Sinaloa, México perez.olguin@hotmail.com
[2] M.C. Consuelo Catalina Fernández Gaxiola, Profesor Tutor de la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua, México consuelo_fernandez@utcj.edu.mx
[3] Dr. Iván Juan Carlos Pérez Olguín, Profesor Tutor de la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua, México ivan_perez@utcj.edu.mx

Y La formulación estándar para múltiples periodos es:

$$Min \sum_{i=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} p_{it}\, x_{it} + \sum_{i=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} q_{it}\, y_{it} + \sum_{i=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} h_{it}\, s_{it} \qquad (1.7)$$

$sujeto\ a$:

$$x_{it} + s_{it-1} - s_{it} = d_{it}, \qquad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T \qquad (1.8)$$

$$\sum_{i=1}^{P} x_{it} + \sum_{i=1}^{P} t_{it}\, y_{it} \le c_t, \qquad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T \qquad (1.9)$$

$$x_{it} \le (c_t - t_{it})y_{it}, \qquad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T \qquad (1.10)$$

$$x_{it}, s_{it} \ge 0, \qquad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T \qquad (1.11)$$

$$y_{it} \in \{0,1\}, \qquad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T \qquad (1.12)$$

Donde P representa el número de artículos. T es el número de periodos en el horizonte de planificación. El parámetro p_{it} es el costo por unidad producida del artículo i durante el periodo t. La variable no negativa x_{it} es continua y representa la cantidad de artículos i producidos en el periodo t. El costo de setup asociado al artículo i en el periodo t está representado por q_{it}. La variable binaria y_{it} indica si el artículo i es producido durante el periodo t. El costo por unidad del inventario asociado al artículo i en el periodo t es representado por h_{it}. La variable s_{it} es continua y representa la cantidad en inventario del artículo i en el periodo t. La variable d_{it} representa la demanda del producto i en el periodo t. El tiempo de setup para producir el artículo i en el periodo t está dado por t_{it}. La capacidad de producción en el periodo t está dado por c_t. La restricción (1.8) asegura que se cumpla la demanda para cada artículo durante el horizonte de planificación. La restricción (1.9) hace cumplir la capacidad de proceso en cada periodo. La restricción (1.10) considera que el tiempo de setup para producir cada artículo ocurra durante cada periodo.

2. Variación e Incertidumbre

La idea de incorporar la incertidumbre en los modelos de programación matemática proviene de Dantzig (1955), sin embargo no es hasta la actualidad que su visión se ha vuelto atractiva para los investigadores, debido esto a que el desarrollo de paquetes y equipos computacionales han permitido el cómputo en un tiempo relativamente aceptable de los modelos matemáticos resultantes al formular la incertidumbre.

La programación lineal es una herramienta fundamental para la planificación de la producción, como es el caso del modelo del tamaño del lote capacitado con tiempos de setup, sin embargo posee la limitante de requerir toda la información conocida con certidumbre. De manera alternativa es posible utilizar los modelos de programación robustos o estocásticos que combinan el paradigma de la programación lineal con la formulación de parámetros aleatorios, utilizando escenarios o distribuciones de probabilidad para los parámetros inciertos. Escudero y Kamesan (1993) presentan un modelo de programación estocástica para el problema de MRP (Material Requirements Planning) con incertidumbre en la demanda. Escudero, Kamesan, King y Wets (1993) analizan diferentes enfoques para la planificación de la producción y la capacidad utilizando programación estocástica. Mulvey, Vanderbei y Zenios (1995), Perez, Rodriguez, Perez y Garcia (2008) formulan modelos de optimización robusta, en los que consideran la incertidumbre de forma proactiva, en lugar de reactiva, para diferentes escenarios y periodos de un horizonte de planificación.

Otras técnicas para incorporar la incertidumbre son presentadas por Bellman y Zadeh (1970) quienes utilizan la teoría de conjuntos difusos para la toma de decisiones. Rinks (1981) detecta un vacío entre la teoría de la planificación agregada y la práctica, por lo cual desarrolla algoritmos difusos para atacar este vacío. Hong y Shang (2001) desarrollan un modelo para la planificación y programación dinámica de la producción en un entorno de fabricación de hierro y acero.

3. Formulación Estocástica de Valor Promedio

Partiendo de modelo multi-periodo presentado anteriormente, el cual supone valores conocidos, es posible generar una versión estocástica con la incorporación de valores promedios los cuales permitirán ignorar la incertidumbre, utilizando en cambio, datos históricos, siendo el modelo matemático resultante:

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

$$Min \sum_{i=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} p_{it}\, x_{it}^{Prom} + \sum_{i=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} q_{it}\, y_{it} + \sum_{i=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} h_{it}\, s_{it} \qquad (3.1)$$

$sujeto\ a$:

$$x_{it}^{Prom} + s_{it-1} - s_{it} = d_{it}, \quad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T \qquad (3.2)$$

$$\sum_{i=1}^{P} x_{it}^{Prom} + \sum_{i=1}^{P} t_{it}\, y_{it} \le c_t, \quad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T \qquad (3.3)$$

$$x_{it}^{Prom} \le (c_t - t_{it})y_{it}, \quad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T \qquad (3.4)$$

$$x_{it}^{Prom}, s_{it} \ge 0, \quad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T \qquad (3.5)$$

$$y_{it} \in \{0,1\}, \quad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T \qquad (3.6)$$

Sin embargo es claro observar que si fijamos los valores sujetos a incertidumbre, a valores promedios basados en datos históricos, se tendrá información a priori acerca del comportamiento general del modelo en el horizonte de planificación, lamentablemente esta entrada de datos será insensible a las variaciones existentes entre el valor promedio y el valor observado.

4. Formulación Con Recurso Simple

Una alternativa para solventar la problemática del modelo estocástico del valor promedio consiste en la utilización de técnicas recursivas, las cuales fueron definidas por Medina (2005) como la habilidad de tomar acciones correctivas después de que ocurren los eventos aleatorios, donde el objetivo será minimizar los costos esperados de las decisiones tomadas. Lamentablemente resolver un problema de recurso representa mayor dificultad que un problema determinista, radicada en la determinación de los costos esperados de cada etapa. Cuando los datos con incertidumbre están distribuidos en forma discreta, la esperanza puede ser descrita como una suma finita y cada restricción puede ser duplicada por cada realización de datos aleatorios, resolviéndose el problema resultante como cualquier modelo de programación lineal, pero por su dimensión es necesario utilizar técnicas de descomposición o de relajamiento que presenten simultáneamente la solución óptima de varios subproblemas. Cuando los datos tienen una distribución continua será necesario encontrar límites superiores e inferiores al valor esperado, de tal forma que el problema estocástico pueda ser reducido a distribuciones discretas.

El modelo lineal con recurso simple, que incluye en su formulación los parámetros aleatorios, con lo cual entrega soluciones óptimas que en vez de exigir la factibilidad de las decisiones en cada escenario del problema por separado se minimiza conjuntamente el valor esperado, puede ser formulado de la siguiente manera:

$$Min \sum_{i=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} p_{it}\, x_{it} + \sum_{s\in\Omega} P_s \left(\sum_{i=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} q_{it}\, y_{it}^{s} + \sum_{i=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} h_{it}\, s_{it}^{s} \right) \qquad (4.1)$$

$sujeto\ a$:

$$x_{it} + s_{it-1}^{s} - s_{it}^{s} = d_{it}^{s}, \quad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T \qquad (4.2)$$

$$\sum_{i=1}^{P} x_{it} + \sum_{i=1}^{P} t_{it}\, y_{it}^{s} \le c_t, \quad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T \qquad (4.3)$$

$$x_{it} \le (c_t - t_{it})y_{it}^{s}, \quad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T \qquad (4.4)$$

$$x_{it}, s_{it}^{s} \ge 0, \quad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T \qquad (4.5)$$

$$y_{it}^{s} \in \{0,1\}, \quad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T \qquad (4.6)$$

Donde P_s representa la probabilidad de ocurrencia del escenario s. En este modelo solamente son utilizadas las variables del inventario como las únicas variables capaces de enfrentar la incertidumbre, tomando las variables restantes valores constantes independientemente del escenario que tenga lugar sobre el horizonte de planificación.

5. Formulación Con Recurso Completo

En ocasiones es posible formular un modelo lineal que considere todo el horizonte de planificación que, al ser resuelto al inicio del periodo de planificación, provee una política óptima a ejecutar en cada periodo, según el

escenario de demanda que se vaya revelando en la realidad, a medida que transcurre el tiempo; este modelo considera una variable de decisión por cada escenario, siendo la formulación matemática la siguiente:

$$Min \sum_{s\in\Omega} P_s \left(\sum_{i=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} p_{it}\, x_{it}^s + \sum_{i=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} q_{it}\, y_{it}^s + \sum_{i=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} h_{it}\, s_{it}^s \right) \qquad (5.1)$$

$sujeto\ a$:

$$x_{it}^s + s_{it-1}^s - s_{it}^s = d_{it}^s, \qquad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T \qquad (5.2)$$

$$\sum_{i=1}^{P} x_{it}^s + \sum_{i=1}^{P} t_{it}\, y_{it}^s \le c_t, \qquad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T \qquad (5.3)$$

$$x_{it}^s \le (c_t - t_{it}) y_{it}^s, \qquad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T \qquad (5.4)$$

$$x_{it}^s, s_{it}^s \ge 0, \qquad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T \qquad (5.5)$$

$$y_{it}^s \in \{0,1\}, \qquad i = 1,\dots,P, t = 1,\dots,T \qquad (5.6)$$

La ventaja de este modelo frente a los mostrados anteriormente radica en que permite una mayor flexibilidad para tratar la incertidumbre, sin embargo el modelo de recurso simple puede ser reformulado equivalentemente como un modelo de recurso completo, agregando restricciones adicionales que imponen que las restricciones de producción y setup sean las mismas para todos los escenarios de la demanda. Además es claro que este modelo evita tener que aplicar el esquema del horizonte rodante periodo a periodo, como en el caso del recurso simple, aunque presupone que los escenarios permanecen invariables sobre todo el horizonte de planificación.

Lamentablemente la desventaja radica en la dificultad de su tratamiento ya que su tamaño es considerablemente mayor, por lo que para su resolución es necesario utilizar técnicas de descomposición, mostrándose en los trabajos de Birge y Qi (1995), Escudero y Kamesan (1993) algunas alternativas de tratamiento.

6. El Proceso de Inyección de Plásticos

Considerando los modelos matemáticos de los apartados anteriores, se efectúa el modelado de un proceso de inyección de plásticos consistente en 5 máquinas utilizadas para el moldeo de 20 artículos, el costo de producir cada artículo, el costo de setup, el costo de inventario, la producción promedio por periodo, el tiempo de ciclo por artículo y el tiempo se setup se definen en el Cuadro 1, desplegándose los resultados obtenidos mediante el tratamiento de cada caso por el método de ramificación y acotación en el Cuadro 2.

i	Maq.	x_{it}^{Prom}	p_{it}	q_{it}	h_{it}	T-Ciclo	t_{it}	i	Maq.	x_{it}^{Prom}	p_{it}	q_{it}	h_{it}	T-Ciclo	t_{it}
1	1	3752	$0.44	$71.69	$0.09	0.64	49.52	11	3	3570	$0.95	$149.99	$0.19	0.39	51.80
2	1	2512	$0.30	$80.06	$0.06	0.36	39.22	12	3	4660	$0.11	$49.02	$0.02	0.42	50.25
3	1	3800	$0.11	$52.26	$0.02	0.35	51.90	13	4	2512	$0.07	$39.25	$0.01	0.57	56.33
4	1	3800	$0.19	$61.66	$0.04	0.38	46.40	14	4	1155	$0.88	$70.95	$0.18	0.57	52.46
5	2	1163	$0.34	$58.05	$0.07	0.60	53.52	15	4	4060	$0.89	$78.93	$0.18	0.59	54.31
6	2	25341	$0.01	$27.31	$0.01	0.02	50.32	16	4	2403	$0.96	$145.98	$0.19	0.40	53.57
7	2	4014	$1.68	$136.16	$0.34	0.39	49.62	17	5	2403	$1.66	$129.26	$0.33	0.94	49.32
8	2	4379	$0.35	$75.93	$0.07	0.38	56.42	18	5	2208	$0.33	$69.86	$0.07	0.35	54.21
9	3	5080	$0.54	$79.19	$0.11	0.55	39.95	19	5	2202	$0.01	$37.81	$0.01	0.30	58.35
10	3	9781	$0.01	$26.98	$0.01	0.08	40.95	20	5	4293	$0.65	$76.66	$0.13	0.84	49.72

Cuadro 1. Costos por artículo y volumen de producción promedio.

Los resultados obtenidos mediante el modelo estocástico del valor promedio, el modelo con recurso simple y el modelo con recurso completo se efectuaron con el tratamiento del problema durante cuatro periodos del horizonte de planificación, agregando una variable adicional para cubrir demanda insatisfecha a las restricciones (3.2), (4,2) y

(5.2) con el objetivo de considerar los casos con capacidad insuficiente. Para estos modelos recursivos se utilizaron tres escenarios para las variables sujetas a incertidumbre, posteriormente cuando el escenario de demanda dejó de ser incierto se obtuvieron los resultados del problema y es en base a estos resultados que se concluye cual de los modelos tiene mejor solución.

	REALIDAD	MVP	MRS	MRC
Máquina # 1	21,321.44	15,869.82	14,262.54	13,406.16
Máquina # 2	28,800.43	59,220.70	26,688.98	36,480.64
Máquina # 3	36,465.17	34,290.65	32,936.65	29,264.40
Máquina # 4	39,734.57	35,283.64	21,988.44	20,988.92
Máquina # 5	43,323.68	34909.02	28,615.48	19,330.42
Total	169,964.30	179,573.80	124,492.09	119,470.54

Cuadro 2. Resultados.

7. Comentarios Finales

Como pudo observarse en el Cuadro 2, cualquier resultado obtenido mediante los modelos recursivos en este artículo ofrece un costo menor que la política de producción, basada principalmente en la opinión de los expertos; por supuesto el seguir con esta política mermará la disponibilidad de los recursos, lo que conllevará a una pérdida de la posición estratégica de una empresa. En cambio el modelo del valor promedio ofrece resultados similares a los observados, ya que se obtienen a partir de datos históricos y se basan principalmente en el volumen de producción, no así en los requerimientos del cliente.

Sin embargo, el tomar la decisión de cual modelo utilizar, corresponderá únicamente a los interesados en su aplicación ya que su implementación no es sencilla debido a que requiere conocimiento teórico profundo en campos estadísticos y de investigación operativa, así como el dominio de software de cómputo o bien el desarrollo de un software especializado en las condiciones específicas de la empresa.

Pero para fines del artículo, el modelo matemático que mejores resultados ofrece a la función objetivo y por ende provee la política óptima que asigna la cantidad adecuada de productos *i* a producir en cada una de las máquinas en el periodo *t*, es el modelo de recurso completo, lo cual puede ser explicado por su misma naturaleza, consistente en cálculos recursivos para cada uno de los periodos del horizonte de planificación.

Es importante señalar que los modelos matemáticos presentados en este articulo solo exponen el caso del problema del tamaño del lote capacitado para una máquina, por tanto para la obtención de los resultados se resolvió un modelo para cada uno de los equipos, una alternativa para evitar esto, consiste en la utilización del modelo del tamaño del lote capacitado multi-artículos y multi-equipos el cual será objeto de estudio en futuras publicaciones.

8. Referencias

Bellman, R. y Zadeh, L. (1970) "Decision making in a fuzzy environment", *Management Science, vol. 17, Nº 4, pp.141-164.*

Dantzig G.B. (1955) "Linear Programming under uncertainty", *Management Science, vol. 1, Nº3 y 4, pp. 197-206.*

Escudero, LF, Kamesan P V, King AJ, Wets RJB, (1993) "Production Planning via Scenario Modeling", *Annals of Operations Research, 43, pp. 311-335.*

Escudero LF y Kamesan PV. (1993) "MRP Modelling via Scenarios", *Optimization in Industry, Ciriani T, Leachman R, John Wiley and Sons.*

Hong L., Shang J. (2001) "Integrated model for production planning in a large iron and steel manufacturing environment", *International Journal of production research.*

Mulvey J., Vanderbei R, Zenios S. (1995) "Robust Optimization of large-Scale Systems", *Operations Research, vol. 42, Nº 2, pp. 264-281.*

Rinks DB (1982) "The performance of fuzzy algorithm models for aggregate planning under differing cost structures". *Fuzzy Information and Decision Processes, Gupta, MM, y Sanchez E. North Holland, Amsterdam, 267-278.*

Medina, J. F. (2005). "Un Enfoque Robusto a un Problema de Diseño de Red Multiproducto con Incertidumbre en Parámetros de Entrada". *Master Degree Thesis*, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

Birge and L. Qi, (1995). "Continuous approximation schemes for stochastic programs", *Annals of Operations Research 56, 15--38*.

Perez, I.J.C., Rodriguez, M. Perez, J.A. y Garcia J.L. (2008). "Treatment of the robust model of aggregate production planning subject to uncertainty with cost of replacement of tools". *XIII International Conference of Industrial Engineers, Lsa Vegas, Nevada.*

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

Técnicas de Solución de Problemas en la Toma de Decisiones

Ing. Claudia Janeth Pérez Sotelo[1], Dr. Alfonso Aldape Alamillo[2], Ing. Ileana Cristina Márquez Márquez[3], Ing. Myriam Caballero Rubio[4]

***Resumen*—** La toma de decisiones es el proceso mediante el cual una persona debe elegir entre dos o más alternativas, pero no simplemente elegir, sino evaluar todas las posibilidades y decidirse por la mejor opción. Las técnicas de solución de problemas permiten llevar a cabo análisis rigurosos de situaciones complicadas que se nos presenten; el objetivo de este trabajo fue revisar las técnicas de solución de problemas mas usuales y encontrar la manera de aplicarlas para mejorar nuestro proceso de toma de decisiones.

***Palabras claves*—** Solución de problemas, Herramientas, Toma de decisiones.

Introducción

Todos los días tenemos que enfrentarnos a situaciones en que debemos tomar decisiones, ya sea en el ámbito personal o profesional, para solucionar pequeños problemas o problemas de mayor magnitud. De manera consciente o inconsciente, estamos tomando decisiones todo el tiempo.

Cuando un Ingeniero es contratado para desempeñar funciones administrativas, por ejemplo, Supervisor de producción, Coordinador de proyecto, Planeador, etc., (practica que resulta muy frecuente en nuestras industrias) resulta evidente que tomar decisiones es una parte clave de su trabajo, probablemente, la más importante, la que determinara su éxito o fracaso.

Los puestos que implican actividades más administrativas que técnicas requieren de una mayor capacidad de análisis puesto que las funciones principales consisten en resolver problemas y tomar decisiones. Son estas actividades, principalmente, a las que los Ingenieros Administradores se tienen que enfrentar, y deben buscar la manera de hacerlo de la mejor forma posible.

Ante esto, ¿estamos preparados para tomar buenas decisiones? Lamentablemente, la mayoría desconocemos los recursos que pudieran sernos de utilidad en situaciones de incertidumbre.

Por lo anterior esta investigación pretende demostrar que las diferentes técnicas de solución de problemas le proporcionan al Ingeniero Administrador herramientas sólidas para mejorar su proceso de toma de decisiones, efectuando un análisis de las técnicas de solución de problemas más usuales con el fin de encontrar la técnica mas adecuada para resolver cierta situación, incrementando asi las posibilidades de tomar la mejor decisión posible.

Revisión literaria

Toma de decisiones

Todos y cada uno de nosotros pasamos los días y las horas de nuestra vida teniendo que tomar decisiones. Algunas decisiones tienen una importancia relativa en el desarrollo de nuestra vida, mientras otras son gravitantes en ella.

Para los administradores, el proceso de toma de decisión es sin duda una de las mayores responsabilidades. La toma de decisiones en una organización se ajusta a una serie de personas que están apoyando el mismo proyecto. Debemos empezar por hacer una selección de decisiones, y esta selección es una de las tareas de gran trascendencia.

Con frecuencia se dice que las decisiones son algo así como el motor de los negocios, y en efecto, de la adecuada toma de decisiones depende en gran parte el éxito de cualquier organización.

Cabe destacar que la toma de decisiones no es una actividad exclusiva de los administradores y gerentes. Todos los miembros de una organización toman decisiones que afectan su propio trabajo y la organización en la cual trabajan.

Aunque vivimos diariamente tomando decisiones y sabemos lo que esto significa, es importante aclarar el concepto. A continuación se presentan una serie de definiciones para toma de decisiones.

[1] La Ing. Claudia Janeth Pérez Sotelo es estudiante de la Maestría en Ingeniería Administrativa en el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez. jany_ps@hotmail.com **(autor corresponsal)**

[2] El Dr. Alfonso Aldape Alamillo es Profesor/Investigador del Departamento de Posgrado del Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez. aaldapea@yahoo.com

[3] Ing. Ileana Cristina Márquez Márquez es recién egresada de la carrera de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez.

[4] Ing. Myriam Caballero Rubio es recién egresada de la carrera de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez.

Primeramente, mostremos el significado de decisión. La RAE define la palabra de la siguiente forma: Decisión. "Determinación, resolución que se toma o se da en una cosa dudosa".

Robbins y Coulter (2000) nos muestran los dos siguientes conceptos que resultan básicos para la toma de decisiones, qué es una decisión y qué es el proceso de la toma de decisiones:

Decisión. "Selección realizada a partir de dos o más alternativas". (Robbins y Coulter, 2000).

Proceso de toma de decisiones. "Serie de ocho pasos que comienza con la identificación de un problema y de los criterios de decisión, y la asignación de ponderaciones para esos criterios, procede después a desarrollar, analizar y seleccionar una alternativa capaz de resolver el problema, implementa dicha alternativa, y concluye con la evaluación de la eficacia de la decisión". (Robbins y Coulter, 2000).

Por otra parte, Gareth Jones y Jennifer George (2006) definen la toma de decisiones de la siguiente manera: "La toma de decisiones es el proceso por el que los administradores responden a las oportunidades y amenazas que enfrentan cuando analizan las opciones y toman determinaciones (o decisiones) sobre las metas y cursos de acción de la organización". (Jones y George, 2006).

Otra definición de toma de decisiones es: "La toma de decisiones es la selección de un curso de acción entre varias alternativas". (Koontz, 2004).

Como podemos ver, cada autor tiene su definición de toma de decisiones, pero podemos darnos cuenta de la similitud entre ellas porque la esencia es la misma.

Problemas y tipos de problemas

Problema. Discrepancia entre dos estados de cosas, el existente y el deseado. (Robbins y Coulter, 2000).

Un problema es una pregunta que se hace acerca de una discrepancia entre lo deseado o esperado y la realidad. (Espíndola, 1999).

Para que un problema adquiera tal carácter se requiere la intención de contestar las preguntas que se vayan planteando.

Los problemas pueden ser teóricos o prácticos. El complemento de un problema es como resolver el problema, las decisiones que tomas y las acciones que ejecutas para solucionarlo y, de esta manera, reducir la discrepancia. Los tipos de problemas que enfrentan los gerentes y demás participantes van desde los conocidos y bien definidos hasta los desacostumbrados y ambiguos. El cajero de un banco con una cuenta fuera de balance al terminar la jornada enfrenta un problema conocido y definido con claridad.

En comparación, los gerentes y otros profesionales deben encarar problemas desacostumbrados y ambiguos. Cuando la cantidad de éstos aumenta en marcos temporales de resolución breves, puede darse una pauta de apaga fuegos con elementos vinculados como los siguientes, lo que genera resultados insatisfactorios:

Soluciones incompletas. Cuando se han dado paliativos a demasiados problemas sin resolverlos. Esto significa que se ha hecho frente a los efectos superficiales, pero no se han determinado las causas de base.

Problemas recurrentes y en aumento. Cuando las soluciones incompletas hacen resurgir viejos problemas o generan otros, a menudo en alguna parte de la organización.

La urgencia sustituye a la importancia. Cuando los esfuerzos en curso por resolver los problemas y las actividades de largo plazo, como el desarrollo de nuevos procesos, se interrumpen de manera reiterada o se posponen por tener que apagar antes algún "incendio".

Problemas que se convierten en crisis. Cuando las dificultades arden hasta encender, con frecuencia justo antes de un plazo.

Técnicas de solución de problemas

Las empresas innovadoras de prestigio mundial con el afán de mantenerse a la vanguardia y ante la creciente competitividad crean nuevas culturas en sus organizaciones, establecen y mantienen un liderazgo, desarrollan al personal y lo hacen trabajar en equipo, además de enfocar los esfuerzos de calidad total hacia el cliente y a planificar cada uno de los pasos para lograr la excelencia en sus operaciones.

El hacer esto exige vencer obstáculos que se irán presentando a lo largo del camino. Estos obstáculos traducidos en problemas se deben resolver conforme se presentan evitando con esto las variaciones del proceso. Para esto es necesario basarse en hechos y no dejarse guiar solamente por el sentido común, la experiencia o la audacia. Basarse en estos tres elementos puede ocasionar que al momento de obtener un resultado contrario al esperado nadie quiera asumir responsabilidades.

De allí la importancia de basarse en hechos reales y objetivos, además de que surge la necesidad de aplicar herramientas de solución de problemas adecuadas y de fácil comprensión.

La experiencia de los especialistas en la aplicación de estas herramientas señala que bien utilizadas y aplicadas, con la firme idea de estandarizar la solución de problemas, los equipos pueden ser capaces de resolver la mayoría de los problemas.

Las técnicas de solución de problemas ayudan a resolver situaciones complicadas que se presentan en las empresas. Estas técnicas permiten llevar a cabo análisis rigurosos de los problemas, ayudando a visualizarlos de una manera metódica y sistemática, lo que ayuda a minimiza el sentimiento de intimidación por la situación.

Metodología

Para llevar a cabo el presente trabajo, se definieron los pasos que se describen a continuación.

1.- Enunciado del problema. Como primera actividad se definió lo que se pretendía hacer y lo que se quería lograr; demostrar que las técnicas de solución de problemas proveen herramientas que mejoran el proceso de toma de decisiones.

2.- Revisión de literatura. Se tomaron los conceptos básicos sobre Toma de decisiones y Técnicas de solución de problemas.

3.- Recopilación de técnicas. Se buscaron y recopilaron las técnicas de solución de problemas mas conocidas.

4.- Análisis de técnicas. Se analizaron las técnicas encontradas mediante el enfoque de las 5W`s +1H (por su nombre en el idioma ingles).

a) ¿Que? (What). Que es la técnica, definiciones.
b) ¿Dónde? (Where) Donde puede aplicarse la técnica.
c) ¿Cuándo? (When) Bajo que condiciones del problema es aplicable la técnica.
d) ¿Quien? (Who) Quien se encarga de aplicar la técnica, cualquier persona, un equipo de trabajo, etc.
e) ¿Cómo? (How) Como se aplica le técnica, metodología.
f) ¿Por qué? (Why) Por que elegir esa técnica, ventajas y desventajas.

5.- Identificación de las características significativas de las herramientas.

6.- Identificación de las situaciones de aplicación de las herramientas.

7.- Clasificación de técnicas según sus características y aplicaciones.

8.- Diseño y aplicación de encuesta a Ingenieros Administradores para determinar el conocimiento de las técnicas.

9.- Conclusiones y recomendaciones.

Resultados preliminares

En la Tabla 1 podemos ver las técnicas encontradas, aquí se presentan las mas usuales y mas conocidas, probablemente el numero sea mas grande, pero en este trabajo solo consideramos las que la mayoría de los Ingenieros Administradores pudieran conocer.

1	5 Fuerzas de Porter	18	Evaluación 9 Ventanas
2	5 S's	19	Grafico de control
3	5 W's	20	Histogramas
4	7 S's de Mackensey	21	Hoja de recogida de datos
5	Análisis de competencias clave	22	Hojas de verificación
6	Análisis PEST	23	Mapas mentales
7	Apreciación	24	Matriz Ansoff
8	Árbol del futuro	25	Matriz Boston
9	Diagrama de árbol	26	Matriz de relación
10	Diagrama de causa y efecto	27	Método Delphi
11	Diagrama de comportamiento	28	Multivotacion
12	Diagrama de dispersión	29	Ruta de la calidad
13	Diagrama de Gantt	30	Técnica de grupo nominal (TGN)
14	Diagrama de matriz	31	Técnica SCAMPER
15	Diagrama de Paretto	32	Tormenta de ideas
16	Diagrama de relaciones	33	Triz
17	Diagramas de Flujo		

Tabla 1. Técnicas más usuales

La mayoría de los autores coinciden en que el proceso básico para la toma de decisiones consiste en los siguientes pasos:

1. Identificación y diagnostico del problema

2. Generación de soluciones alternativas
3. Evaluación de alternativas
4. Selección de alternativas
5. Implantación de la decisión
6. Evaluación de la decisión

Considerando lo anterior y tras el análisis de las técnicas se ha llegado a la clasificación propuesta que se muestra en la Tabla 2 con ayuda de las herramientas revisadas hasta el momento.

Ayudan a organizar	Definir el problema real	Visualiza el panorama en cualquier ámbito ayudando a su comprensión	Técnicas
	Identificar causa raíz	Visualiza las posibles causas del problema	
	Análisis de la información	Recaba información	
		Organiza la información obtenida	
Ayudan a decidir	Generar alternativas de solución	Generación de ideas y soluciones para resolver problemas	
		Analiza y relaciona las interacciones entre factores	
		Optimizar productos y/o procesos	
		Disminuir las partes no conformantes de un proceso	
Ayudan a controlar	Acciones de contención	Implementa acciones y medidas correctivas	
	Seguimiento	Da seguimiento de las actividades	

Tabla 2. Clasificación propuesta

Fuentes consultadas

Robbins, Stephen P. & Coulter, Mary, 2000. Administración. 6ª ed. México: Pearson Educación.

Jones, Gareth R. & George, Jennifer M., 2006. Administración contemporánea. 4ª ed. México: Mc Graw-Hill Interamericana.

Koontz, Harold & Weihrich, Heinz, 2004. Administración, una perspectiva global. 12ª ed. México: Mc Graw-Hill.

Espindola Castro, Jose Luis, 1999. Análisis de problemas y toma de decisiones. 2ª ed. México: Pearson Educación. 2ª

Robbins, Stephen P. & DeCenzo, David A., 2009. Fundamentos de Administración, conceptos esenciales y aplicaciones. 6ª ed. México: Pearson Educación.

Aiteco consultores. Gestión de la calidad: Métodos y herramientas de la calidad. [Online]
Disponible en: http://www.aiteco.com/herramie.htm
[Accesada 02 de Marzo 2011].

Hossein Arsham. Ciencia de la Administración Aplicada para
Gerentes y Líderes Gerenciales. Toma de decisiones estratégicas acertadas. [Online]
Disponible en: http://home.ubalt.edu/ntsbarsh/opre640s/spanish.htm#rintroduction
[Accesada 02 de Marzo 2011].

Real Academia Española. Diccionario de la lengua española. [Online] Disponible en:
http://www.rae.es/rae.html
[Accesada 02 de Marzo 2011].

Aplicación de la técnica Despliegue de la Función de Calidad -*QFD* en una IES

M.C. Eduardo Rafael Poblano Ojinaga[1], M.C. Beatriz Elizabeth Padilla Martínez[2], M.A. Ana Ernestina Poblano Ojinaga[3] y Ing. Ana Abigail Adame Gutiérrez [4].

***Resumen*— El concepto de calidad ha tomado gran importancia tanto para empresas de fabricación como de servicios y una metodología para planear las actividades de una organización, tomando en cuenta las necesidades del cliente o usuario, es el Despliegue de la Función Calidad – *QFD* (*Quality Function Deployement*) ya que es una poderosa técnica de planeación y desarrollo que consta de cuatro fases: 1ª Fase: Planeación del servicio o Casa de la Calidad, 2ª Fase: Requerimientos de Diseño, 3ª Fase: Planeación del proceso y 4ª Fase: Planeación de las operaciones.**

El objetivo de este trabajo es obtener información que auxilie y estructure la planeación del proceso educativo de un programa de maestría, para responder a las necesidades y expectativas de los usuarios, estableciendo estrategias para la mejora en la prestación del servicio mediante el uso y aplicación de la Fase I del *QFD*.

Después de la aplicación del *QFD*, se puede concluir que es una herramientas útil para estructurar planes de mejora en un programa de posgrado, ya que emite de manera clara y explícita una amplia información sobre los deseos del usuario, lo que a su vez permite analizar, relacionar y proponer estrategias para satisfacerlo.

***Palabras claves*— Despliegue de la Función Calidad - *QFD*.**

Introducción

La mayoría de las organizaciones intentan incrementar su competitividad mejorando continuamente la calidad y productividad, buscando asegurar que las características de su producto/servicio se planeen de acuerdo a los requerimientos del usuario y que el desarrollo del proceso se dirija de acuerdo a esas demandas.

La Gestión de la Calidad se ha desarrollado durante los últimos 100 años, aproximadamente. La Primera Era de la Gestión de la Calidad se caracterizó por la aplicación de técnicas de inspección de la calidad. La Segunda se caracterizó por el control del proceso de fabricación a través de la gestión de los datos desarrollándose los gráficos de Control de Calidad para facilitar su logro. En relación a la Tercera Era de la gestión de calidad, esta se caracterizó por el desarrollo del sistema que rodeaba al proceso y al producto manufacturado, para el cual se logró más flexibilidad; los sistemas de calidad fueron desarrollados y aplicados.

La Cuarta Era de la gestión fue el desarrollo de la Gestión de la Calidad Total. La GCT es una filosofía que busca obtener el compromiso global de la organización a través de la participación, y gestión eficaz de la calidad para minimizar errores y satisfacer a los clientes de una forma constante. Por ello es importante emplear diversos enfoques de investigación y compilación de información entre clientes, que servirá para mantener información a los encargados de tomar decisiones sobre los patrones de cambio. Dichos cambios se darán en las prioridades de servicio de los clientes, en el desempeño de la empresa. Un enfoque utilizado en la GCT es el del Despliegue de la Función Calidad -*QFD*.

Descripción del Método

Las instituciones educativas son empresas de servicios, que reúnen la intangibilidad de resultados y la complejidad de su proceso de elaboración. En los servicios, los consumidores no compran los productos por sí mismos, sino por los beneficios que esperan obtener con su uso o consumo.

La mejor manera de conservar el prestigio de una institución es dándole al usuario la satisfacción de pertenecer a ella. Esta característica no es fácil de entender y conservar, y aún más difícil en Instituciones educativas gubernamentales, como lo es el caso de la IES donde se realizo la investigación, que pretende satisfacer a sus clientes, al mejorar y ofrecer un servicio de calidad para todos los usuarios de ésta institución.

El problema de investigación radica en que el programa de posgrado de la IES de la Región Lagunera no se ha implementado algún mecanismo o procedimiento para evaluar la percepción que los usuarios, como lo son los alumnos, profesores, directivos, empresarios y la comunidad en general tienen sobre el servicio otorgado en el área de posgrado, y de ésta manera poder enfocar recursos de la institución hacia la satisfacción del cliente, realizar planes de mejoramiento continuo, implantar, utilizar y desarrollar métodos y técnicas de evaluación que permitan plantear nuevas estrategias de desarrollo, y lograr en un plazo relativamente corto, la posibilidad de mejoramiento y expansión, siendo los usuarios la principal fuente de información.

[1] El M.C. Eduardo Rafael Poblano Ojinaga es Profesor del Departamento de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de la Laguna, Torreón, Coahuila, México. e_poblano@yahoo.com (**autor corresponsal)**
[2] La M.C. Beatriz Elizabeth Padilla Martínez es Profesora del Instituto 18 de Marzo de Gómez Palacio Dgo. betty_padilla1@hotmail.com
[3] La M.A. Ana Ernestina Poblano Ojinaga es Profesora del IT la laguna Torreón, Coahuila, México.
[4] La M.A. Ana Abigail Adame Gutiérrez es Profesora por asignatura del IT la Laguna, Torreón, Coahuila, México

Objetivo. Este trabajo de investigación tiene como objetivo fundamental proporcionar información que auxilie y estructure la planificación del mejoramiento del proceso educativo de la división de estudios de posgrado que responda a las necesidades y expectativas de los clientes mediante el uso y aplicación de la Fase I del *QFD*.

Pregunta de Investigación: ¿Es un método sistemático que nos permite planear y diseñar servicios que respondan a las necesidades y expectativas de los clientes?

Hipótesis: La hipótesis de esta investigación consisten en: Afirmar que el desarrollo y aplicación del *QFD* proporciona una amplia información que permita estructurar planes y acciones de mejoramiento para el proceso educativo de la división de estudios de posgrado de la IES.

Justificación. Aplicar eficazmente esta técnica podría traer consigo todos o algunos de los siguientes beneficios para la IES: 1.- Establecer una fuente de información para futuros diseños al servicio que se presta, 2.- Facilitar mejorar la calidad del servicio que ofrece a sus educandos y 3.- Obtener una mayor satisfacción del cliente y mayor desarrollo y crecimiento de la institución prestadora de servicio.

Alcances y Limitaciones. El presente estudio se llevo a cabo en una IES, específicamente en su área de posgrado. Las principales limitaciones del estudio son tiempo, economía y la organización de las personas que se involucran en el desarrollo de la metodología, por lo que solo se realizo la Fase de Planeación, considerada como la de mayor importancia por contener la información de los requisitos que el cliente necesita para su plena satisfacción, además de que realizar las siguientes fases implicaría realizar cambios en el proceso enseñanza-aprendizaje y esto equivaldría a alterar el sistema, las normas y reglamentos interiores del plantel.

Despliegue de la Función Calidad

No hay una solo definición de *QFD*, pero una que captura su esencia es: Un sistema para traslada los requerimientos del consumidor a requerimientos apropiados de la empresa en cada etapa, desde la investigación y desarrollo del producto, pasando por ingeniería y manufactura hasta mercadotecnia/ventas y distribución (___1989).

La metodología de la Función Despliegue de la Calidad utiliza las demandas y necesidades de los clientes como su principal entrada de información, pues es un proceso que pone en contacto a las compañías con sus clientes. Esta metodología es un proceso que permite incrementar la competitividad de la empresa, y a la vez, desarrolla la base para obtener un mayor número de clientes satisfechos.

Por ello es importante emplear diversos enfoques de investigación y compilación de información entre clientes, que servirá para mantener información a los encargados de tomar decisiones sobre los patrones de cambio. El proceso se lleva a cabo por medio de una seria de matrices y graficas y los parámetros técnicos relacionados (Figura 1).

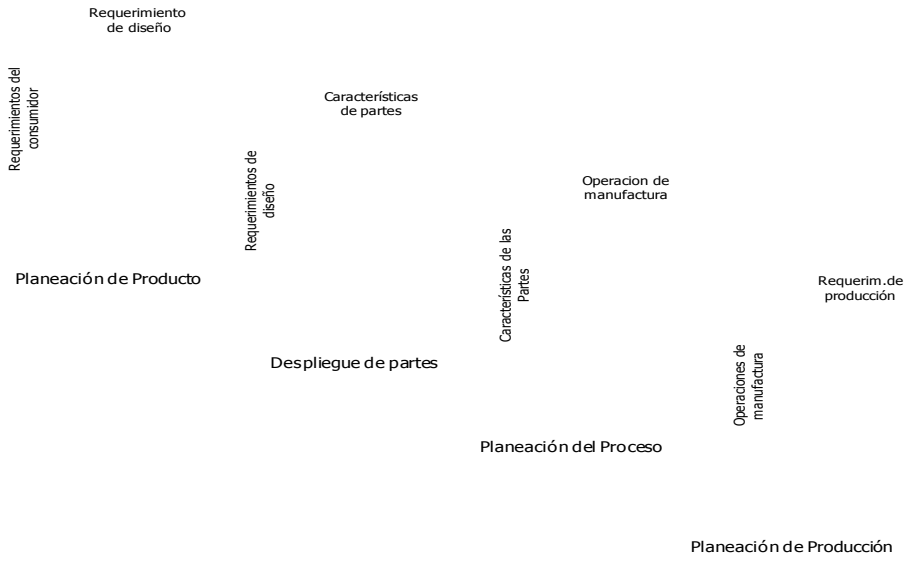


Figura 1. Las matrices del QFD

Una de las metodologías creadas para planear las actividades de una empresa, es el Despliegue de la Función Calidad, *QFD* (por sus siglas en inglés *"Quality Function Deployment*") que es una poderosa herramienta de planeación y desarrollo, y que consta de cuatro fases (Benavides 1990):

- **1ª Fase**: Planeación del Servicio o Casa de Calidad. Sirve de base a los subsecuentes y se inicia cuando los deseos del usuario se convierten en requerimientos internos de la institución prestadora de servicio, llamados requerimientos del diseño.

- **2ª Fase**: Requerimientos de diseño. Los requerimientos de diseño seleccionados como más importantes en la fase anterior pasan a ser los "Qué" de la fase II. Despliegue del Servicio. La fase culmina en la identificación de las características críticas necesarias para ejecutar los requerimientos del diseño.
- **3ª Fase**: Planeación del Proceso. Esta fase, representa una transición del diseño a los procedimientos internos del establecimiento prestador del servicio. En esta fase se relacionan las partes críticas del proceso con sus parámetros críticos, se establecen valores objetivos y se determinan los parámetros que deberán ser desarrollados en la siguiente fase.
- **4ª Fase**: Planeación de las Operaciones. Aquí se despliega la información relacionada con las operaciones que el servicio debe realizar para satisfacer los deseos del usuario.

Debido a que el tiempo fue limitado, se realizó únicamente la primera etapa: *Planificación del producto o servicio*, considerándola como la de mayor importancia ya que arroja la más crítica información que se necesita para observar muy de cerca la relación entre los requisitos que el cliente considera para satisfacerlo al adquirir el producto o servicio y la posición competitiva de la empresa en el mercado.

La información de los requerimientos del cliente constituye la base para una matriz llamada casa de la calidad. Al crear la matriz de una casa de calidad, el equipo interfuncional de QFD puede utilizar la información dada por el cliente para tomar decisiones de ingeniería, mercadotecnia y diseño (Chase et al. 2004).

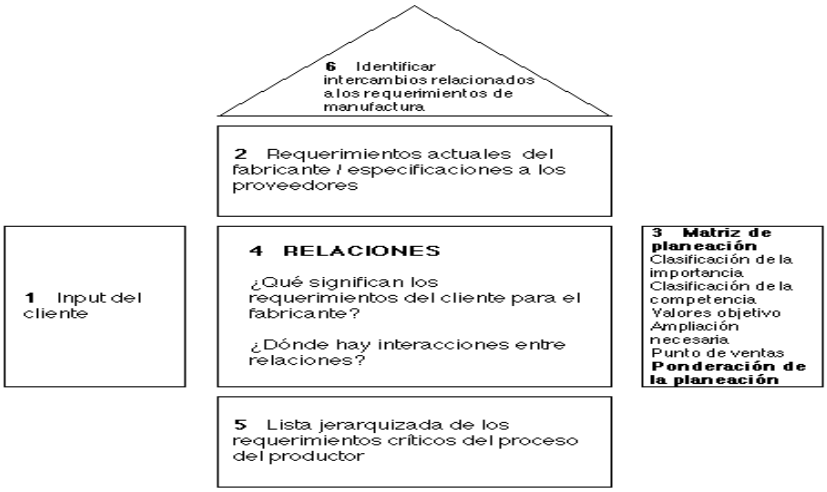


Figura 1. La Casa de la Calidad (The House of Quality).

Metodología

La metodología de la Función Despliegue de la calidad utiliza las demandas y necesidades de los clientes como su principal entrada de información, pues es un proceso que pone en contacto a las compañías con sus clientes. Esta metodología es un proceso que permite incrementar la competitividad de la empresa, y a la vez, desarrolla la base para obtener un mayor número de clientes satisfechos.

La información de los requerimientos del cliente constituye la base para una matriz llamada casa de la calidad. Al crear la matriz de una casa de calidad, el equipo interfuncional de DFC puede utilizar la información dada por el cliente para tomar decisiones de ingeniería, mercadotecnia y diseño (Chase et al. 2004).

El propósito de la fase I del *QFD* es: 1.- Identificar los requerimientos del cliente, 2.- Determinar oportunidades competitivas, 3.- Determinar globalmente los requerimientos de diseño de productos/servicios y 4.- Determinar los valores objetivos.

El método a seguir en esta investigación para el desarrollo de la fase I de Planeación del producto o servicio (la Casa de la Calidad), consiste en 6 pasos básicos:

1) Identificar los requisitos del cliente.
2) Identificar los requisitos técnicos.
3) Relacionar los requisitos del cliente con los requisitos técnicos.
4) Realizar una evaluación de los productos o servicios competitivos.
5) Evaluar los requisitos técnicos y desarrollar objetivos.
6) Determinar qué requisitos técnicos se deben desplegar en el resto del proceso de producción.

Al finalizar la Fase I de planeación, se espera contar con información importante para el diseño y selección de estrategias de mejoramiento del servicio que ofrece el departamento de posgrado.

Comentarios Finales

Resumen de resultados

Después de haber aplicado la encuesta a los usuarios es necesario y elaborada la Casa de Calidad, el siguiente paso es analizar los datos arrojados, (analizando todos los Que's de la encuesta), para visualizar las debilidades en cuanto a cumplimiento contra la importancia que representa cada uno de los aspectos (los cuales se agruparon en tres aspectos: Perfil del Alumno (PA), Proceso Enseñanza-Aprendizaje (PEA) y Servicios y Vinculación (SyV).

Se empleó básicamente El diagrama de Barras que se utiliza para visualizar, en forma fácil, los factores de un problema, permitiendo identificar cuáles son los problemas o situaciones que deben atenderse, en forma prioritaria, para ser resueltos o, al menos, mejorados.

En la figura 1 se muestra el diagrama de barras que compara la importancia y cumplimiento de los Que's (que se agruparon en Perfil del Alumno, Proceso Enseñanza-Aprendizaje y Servicios y Vinculación). En ésta figura se puede observar la ubicación del cumplimiento con respecto a la importancia de los aspectos antes mencionados, pudiendo observar en forma clara que los aspectos a que deben prestarse más atención son los de Servicios y Vinculación, puesto que obtuvieron una calificación muy baja en el cumplimiento, según la percepción del usuario.

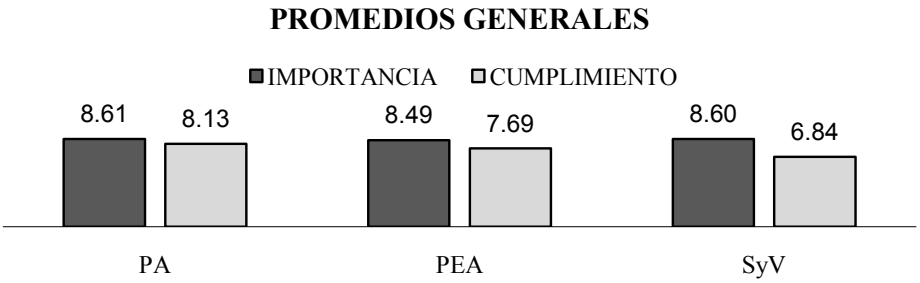


Figura 1. Diagrama de barras de los 3 aspectos evaluados.

Se observa que el aspecto más importante para los clientes y usuarios es PA, y en la figura 2 se presentan las cinco características principales para PA (Proactividad, Uso de herramientas computacionales, Relación con compañeros y colaboradores, Especialista en una o dos áreas del posgrado y el idioma ingles), donde se presenta como la característica de mayor importancia para el usuario es la Proactivdad.

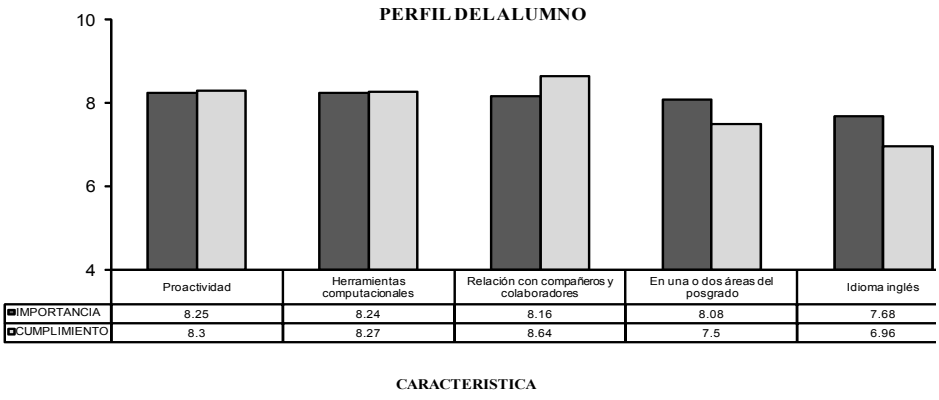


Figura 2. Promedios de las cinco características de mayor importancia referentes a PA.

De igual manera se elaboraron una grafica de barras que permite apreciar las cinco características de mayor importancia para el PEA (Experiencia y No alto grado académico, Disciplina, orden y exigencia, Examen de Grado, proyectos de tesis y Alto Grado académico, no mucha experiencia) y un Grafica de barras para las cinco características más relevantes del PVyS (Equipo audiovisual, Relación con el sector productivo, Biblioteca especializada, Aulas equipadas, equipo de cómputo e Internet) en importancia para el usuario.

Dentro de la encuesta aplicada, también se incluyó una sección en la que se pide la opinión del usuario sobre qué servicios o programas de posgrado pudiese ofrecer el Instituto.

La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos, observando los programas que al usuario le parecen de mayor interés y utilidad para competir con el mercado actual los programas de:

Tabla 1. Programas de Posgrado que resultaron de interés para los usuarios.

	IMPORTANCIA
Maestría en educación	8,61
Maestría en ingeniería administrativa	8,78
Maestría en Administración de Empresas	8,92
Maestría en Calidad Total	8,75
Doctorado en Educación	7,43
Doctorado en Administración	8,38

Otros aspectos fueron evaluados en la encuesta, y éstos son básicamente la opinión, de manera muy general que el usuario percibe sobre el departamento de posgrado. Los resultados de éstas opiniones son presentadas en la figura 3 (Calidad de los Maestros, Prestigio académico del programa, Prestigio académico de la IES, Opinión de los ejecutivos de empresas), de los cuales podemos identificar que para el usuario, la opinión que se tenga sobre la Calidad de los maestros de una Institución es indispensable para lograr su preferencia.

En Cumplimiento, puede observarse que la característica que requiere mayor atención para mejorarla es la "Opinión que los ejecutivos de empresas regionales" que tienen del área de posgrado del Instituto, siendo ésta pues, la mayor área de oportunidad.

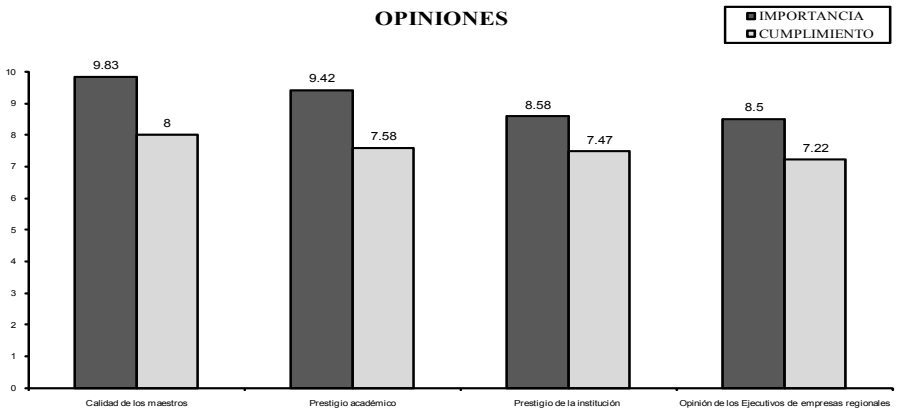


Figura 3. Opiniones del usuario

Presentación de Alternativas

En ésta sección se presenta solo una de las tres alternativas o acciones para los factores principales analizados, y como ejemplo se utilizo una estrategia del are Perfil del Alumno.

Tabla 2.- Presentación de alternativas de mejora.

Área	Estrategia propuesta	Acciones principales
Perfil del Alumno	*Revisión ya actualización del currículo del Programa de posgrado, haciendo énfasis en la Investigación, Promoción del los valores, del idioma ingles, y en el desarrollo de habilidades gerenciales en el alumno.*	Análisis del entorno Diseño del perfil de egreso Rediseño del currículo Desarrollo de plan de estudios (por asignatura) Selección de Profesores.
Proceso Ensenanza-Aprend.	…	…
Servicio y Vinculación	…	…

Conclusiones y Recomendaciones.

Conclusiones.

Después de la aplicación y desarrollo de la fase I de la técnica QFD en el área de posgrado de una IES se puede afirmar que, efectivamente, resulta una herramienta muy útil para estructurar planes y acciones de mejora en un proceso educativo,

ya que emite de manera clara y explícita una amplia información sobre los deseos del usuario, permitiendo analizarlos, relacionarlos y proponer acciones que permitan satisfacerlos.
Se puede afirmar que las autoridades de dicha IES cuentan ahora con una base sólida para programar actividades a corto y largo plazo que permitan enfocar los recursos de la institución hacia la satisfacción del cliente para mejorar paulatinamente el proceso educativo y ofrecer un servicio de excelencia.

Analizando los deseos del usuario, cabe resaltar que no todos los requerimientos deberán satisfacerse de inmediato, como por ejemplo el de crear otras especialidades de maestría, este tipo de requerimientos deben ser analizados más detenida y profundamente, requiriendo de estudios y fundamentos que sustenten su realización, así como de aprobación de las autoridades gubernamentales correspondientes. Pero lo que si resulta útil es el sondeo realizado a los usuarios, pues arroja los deseos y preferencias de éstos, y que las autoridades puedan considerarlas en el momento que sea necesario utilizarlas.

Un aspecto importante de mencionar es el referente al punto de vista empresarial, ya que este no se percibe tan favorable, y se considera como una enorme área de oportunidad, sugiriendo se busquen estrategias adecuadas para mejorar la vinculación con el campo empresarial es una amplia posibilidad para captar un mayor número de profesionistas interesados en realizar sus estudios de posgrado.

Recomendaciones.

En base a las experiencias adquiridas durante el proceso de elaboración del QFD se recomienda que las personas que desean realizar QFD en una institución educativa consideraran lo siguiente tres puntos: 1) La realización de un estudio de QFD no lo haga una sola persona, sino que se forme un equipo de trabajo, pues esto permitirá que la lluvia de ideas emanadas facilite su elaboración, ya que las propuestas serán más completas. 2) Que el personal involucrado se capacite y familiarice con conceptos de calidad total y QFD para facilitar el entendimiento y comprensión entre los participantes del equipo, 3) Debido a que la naturaleza de los servicios, principalmente en el sector educativo, se dificulta "escuchar la voz de cliente" es indispensable que el diseño de la encuesta refleje preguntas claras y concisas para el encuestado, pues esto facilitará el manejo de información para el o los realizadores del QFD y 4) Planear y llevar a cabo reuniones de trabajo y seguimiento con los integrantes del equipo, lo que permitirá obtener mejores resultados y en menor tiempo.

Al analizar las alternativas de la Tabla 1 se puede observar que el programa de posgrado que muestra más demanda entre los consumidores es la de Maestría en Administración de Empresas, pero analizando que las ofertas existentes en el mercado, es decir, las Universidades regionales que ofrecen dicho programa son cuantiosas no es aconsejable abrir dicho programa por la competencia en el mercado.

Por tal motivo, la maestría en Ingeniería Administrativa y la Maestría en Calidad Total son una buena opción para competir en el mercado, puesto que estos programas sólo los ofrecen una o dos universidades privadas en la región, y ofrecerla en la IES que es gubernamental es una ventaja para los posibles consumidores del servicio.

Referencias

____ (1989). Quality Function Deployment - Implementation Manual for Three Day QFD Workshop. Version 3.1. American Supplier Institute. MI USA.

Benavides E. (1990). Despliegue de la Función Calidad: Descripción de su aplicación en el ITCJ, Tesis de Grado, Instituto Tecnológico de Cd. Juárez, Cd. Juárez Chih. México.

Chase R. Jacobs F & Aquilano N. (2004). Operations Management for Competitive Advantage. Thent Edition. Mc. Graw Hill/Irwin. New York, N.Y. U.S.A.

Eureka W. y Ryan N. (1994). DFC Despliegue de la Función de Calidad: Como orientar su empresa al cliente. Primera edición. Editorial Panorama, México DF.

Evans J. & Lindsay W. (2005). The Management and Control of Quality. 6th. Edition. South Western. USA.

Notas Biográficas

El M.C. Eduardo Rafael Poblano Ojinaga *estudió la licenciatura en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de la Laguna. Posteriormente se graduó como Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Cd. Juárez. Actualmente es profesor de tiempo completo del Departamento de Ingeniería del Instituto Tecnológico de la Laguna.*

La M.C. Beatriz Elizabeth Padilla Martínez *estudió la licenciatura en Ingeniería Industrial en el IT la Laguna. Posteriormente se graduó como Maestra en Ciencias en el mismo Instituto. Actualmente es profesora del Instituto 18 de marzo.*

La M.A. Ana Ernestina Poblano Ojinaga *estudió la licenciatura en Administración de Empresas en la Universidad Autónoma del Noreste, Campus Torreón. Posteriormente se graduó como Maestra en Administración en la Universidad Autónoma del Noreste. Actualmente es profesora del Departamento Económico- Administrativo del Instituto Tecnológico de la Laguna, así como del Instituto 18 de marzo.*

La Ing. Ana Abigail Adame Gutiérrez *estudió la licenciatura en Ingeniería Industrial en el I.T de la Laguna. Actualmente es profesora y responsable de la Jefatura de Investigación del Departamento de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de la Laguna.*

Uso de la metodología Six Sigma para la reducción de costos de fabricación, Caso: Empresa manufacturera de la Región Lagunera

M.C. Eduardo Rafael Poblano Ojinaga[1], M.C. Víctor M. Saldaña Mena[2], M.C. Francisco Agustín Poblano Ojinaga[3] y M.C. Roberto Ramírez López [4].

***Resumen*— En la actualidad las empresas buscan optimizar sus procesos, mejorar sus operaciones, regular sus consumos de materia prima por unidad, incrementar sus eficiencias, incrementar sus productividades, etc. como respuesta al alto grado de globalización tanto de los mercados como de los recursos humanos disponibles para el diseño y ejecución de las diferentes etapas de los procesos de manufactura, teniendo como punto de referencia el apego a los requerimientos del cliente.**

El objetivo del proyecto busca reducir la media estadística y la variación del grosor de la cinta, seleccionando los niveles óptimos de los factores significativos que afectan al proceso de elaboración de cinta de plomo, y la variación del proceso y encontrar los niveles óptimos de las variables significativas para la fabricación de la cinta de plomo (utilizado en la fabricación de baterías) y con esto reducir el costo del producto mediante el ahorro del uso de plomo por unidad, sin incumplir con las especificaciones.

Mediante la aplicación metodología Seis sigma (Six Sigma) se logró la identificación las causas de variación con respecto al peso de malla, en la fabricación de placas (componente de un producto automotriz), y su reducción a niveles aceptables tanto en costo como en calidad.

***Palabras claves*— Metodología Six Sigma.**

Introducción

Seis Sigma evolucionó desde un simple indicador de la calidad hasta convertirse en una estrategia gerencial para acelerar las mejoras y alcanzar niveles de desempeño sin precedentes enfocándose en las características criticas para los clientes y la identificación y eliminación de las causas de error o defectos en los procesos (Evans & Lindsay, 2005).

Metodología DMAIC.

Los cinco pasos de la metodología DMAIC:

1. Definir. Después de seleccionar un proyecto 6s, el primer paso consiste en definir el problema con claridad.
2. Medir. Esta etapa del proceso DMAIC se concentra en cómo medir los procesos internos que tienen impacto.
3. Analizar. Una falla importante de muchos enfoques de solución e problemas es que no se presta suficiente atención a los análisis rigurosos.
4. Mejorar. Una vez que se entiende la causa raíz de un problema, el analista o el equipo necesitan generar ideas para eliminarlo o resolverlos y mejorar los indicadores del desempeño y del CPC.
5. Controlar. La etapa de control se enfoca hacia como conservar las mejoras, que incluye tener las herramientas en su lugar para garantizar que las variables clave continúen dentro de los rangos máximos aceptables en el proceso modificado.

Las Empresas se ven en la necesidad de poner en práctica algunas técnicas y metodologías orientadas a la solución de problemas y al control de operaciones, soportadas por el análisis de datos que asegure un mejor resultado y de más largo plazo. Tal es el caso del presente estudio, donde se implementan de manera práctica los pasos de la metodología seis sigma, en búsqueda de la identificación argumentada de aquellas causas potenciales que contribuyan de manera significativa al descontrol de nuestros indicadores, y soportando la efectividad de los cambios realizados como mejoras al proceso.

El problema a resolver consiste en alto costo del plomo empleado por batería, es decir, ahorrar en el peso ó cantidad utilizada por unidad. Por lo consiguiente se requiere reducir el peso de la cinta con la que se fabrican las placas negativas del acumulador lo cual se logra reduciendo su espesor. En la actualidad la especificación pide como media de espesor de la cinta 0.027“, +/- 0.005“ para los límites superior e inferior, por lo que al tener una media de 0.0254“ no se incumple la especificación, más sin embargo la variación del proceso impide que ésta media operativa sea acercada al límite inferior de especificación para con esto reducir el peso por unidad.

El presente proyecto encuentra su justificación en la existencia de un área de oportunidad de mejora relacionada con el costo del plomo empleado por batería, específicamente relacionado al peso de la malla utilizada para fabricación de placas negativas, es decir, se desea encontrar las condiciones necesarias para fabricar malla más ligera y así gastar menos plomo por acumulador, obviamente, sin incumplir la especificación de peso por placa. De la misma forma se busca encontrar los ajustes mecánicos que permitan la alimentación de cinta de plomo con espesor menor a 0.025“ al proceso de metal expandido sin incrementar los problemas recurrentes de movimiento y ruptura de malla.

[1] El M.C. Eduardo Rafael Poblano Ojinaga es Profesor del Departamento de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de la Laguna, Torreón, Coahuila, México. e_poblano@yahoo.com **(autor corresponsal)**
[2] El M.C. Víctor M. Saldaña es egresado de la maestría en Ciencias en Ingeniería industrial del IT la Laguna, Torreón Coahuila, México.
[3] El M.C. Francisco Agustín Poblano Ojinaga es Profesor del IT la laguna Torreón, Coahuila, México.
[4] El M.C. Roberto Ramírez López es Profesor por asignatura del IT Cd. Juárez, Cd. Juárez, Chih., México rramirez@itcj.edu.mx

Metodología Seis Sigma

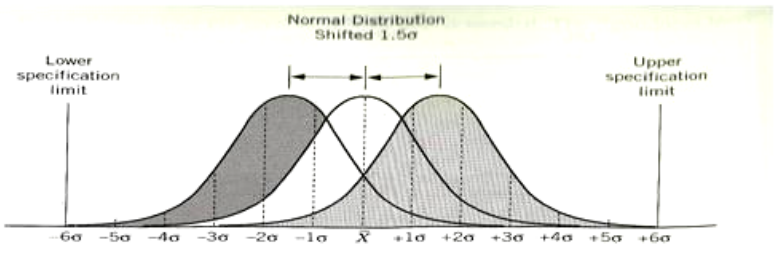
Aun cuando los métodos seis sigma incluyen muchas de las herramientas estadísticas que se emplean en otros movimientos e la calidad, aquí se utilizan en una forma sistemática orientada a proyectos a través del ciclo: definir, medir, analizar, mejorar y controlar (DMAIC, por sus siglas en ingles).

El enfoque más amplio de la metodología esta en comprender y lograr lo que el cliente quiere, ya que esto se considera como la clave para lograr la rentabilidad de un proceso de producción. El enfoque estándar de los proyectos Seis Sigma es la metodología DMAIC, desarrollada por General Electric, el cual se describe a continuación (Chase el at. 2005):

1. Definir (D):
   - Identificar a los clientes y sus prioridades.
   - Identificar un proyecto adecuado para los esfuerzos seis sigma, basados en los objetivos del negocio, así como en las necesidades y la retroalimentación del cliente.
   - Identificar los CCC (características críticas de la calidad) que para el cliente son las que tienen más impacto sobre la calidad.
2. Medir (M):
   - Determinar cómo se mide el proceso y como se está desempeñado.
   - Identificar los procesos internos clave que influyan en las CCC que para el cliente son los que tienen más impacto sobre la calidad.
3. Analizar (A):
   - Determinar las causas más probables de los defectos
   - Comprender por qué se generan los defectos, identificando las variables clave que con la mayor probabilidad crean una variación en el proceso.
4. Mejorar (I, por Improve):
   - Identificar los medios que puedan eliminar las causas de los defectos
   - Confirmar las variables clave y cuantificar sus efectos sobre las CCC.
   - Identificar el nivel máximo de aceptación de las variables clave y un sistema para medir desviaciones de las variables.
   - Modificar el proceso de manera que se mantengan dentro de un nivel aceptable.
5. Controlar (C):
   - Determinar cómo mantener las mejoras
   - Establecer las herramientas necesarias para asegurar que las variables se mantengan dentro de los niveles máximos de aceptación en el proceso modificado.

Uno de los beneficios del pensamiento de Seis Sigma consiste en permitir que los gerentes describan fácilmente el desempeño de un proceso en términos de su variabilidad y que comparen diferentes procesos utilizando una métrica común.

Seis Sigma refleja la meta de hacer que los limites de las especificaciones del cliente, referidas a artículos producidos por un proceso, sean el doble de las variación natural (+, - 3 sigmas) de las salidas del proceso, o dicho de otra manera, que la variación del proceso sea la mitad de los limites de las especificaciones (Jacobs & Aquilano 2005).



Spec. limit	Percent	Defective ppm
±1 σ	30.23	697700
±2 σ	69.13	308700
±3 σ	93.32	66810
±4 σ	99.3790	6210
±5 σ	99.97670	233
±6 σ	99.999660	3.4

Figura 1. Efectos de 1.5 sigmas de "movimiento" del valor central.

Una calidad nivel Seis Sigma se dice que es igual a que 3.4 defectos por millón de oportunidades (DPMO) fallen en alcanzar las especificaciones (con datos no centrados y un "movimiento" de 1.5 sigmas de la media), como se muestra en la figura 1 (Breyfogle III, 1999).

Descripción del Método

A continuación se describe brevemente la metodología, (que consisten en el seguimiento sistemático de los doce pasos) consistente con el enfoque estándar DMAIC de Seis Sigma:

1) **Seleccionar la característica critica para la calidad**: Es en esta fase donde nacen los proyectos potenciales, ya que es aquí donde los clientes deciden que es necesario el análisis de la factibilidad de un proyecto, lo que se analiza posteriormente a profundidad por el equipo del proyecto.
2) **Definir el estándar de desempeño**: Consiste en la definición del indicador clave para el proyecto, comúnmente llamado "Y de negocio", el cual deberá representar fielmente el desempeño de la característica que los clientes encuentran insatisfactoria.
3) **Validar el sistema medición**: Con el objeto de realizar la comparativa de efectividad de las mejoras desde un punto de partida confiable, y sobre todo de validar si realmente existe una desviación con respecto al deber ser del indicador, es necesario validar el sistema de medición con el cual se establece el nivel de dicho indicador.
4) **Establecer la capacidad del proceso**: En esta fase se analiza la capacidad de proceso mediante el análisis de los datos colectados como "Y" iniciales, de los cuáles se identifica el tipo de distribución a la cual se apega su desempeño y se calcula el desempeño.
5) **Definir los objetivos de desempeño**: Consiste en analizar en conjunto, el alcance del proyecto, hasta reducirlo a un nivel manejable y específico, con el objetivo de decidir si el proyecto actual es capaz de alcanzar los objetivos que busca el cliente, y en caso negativo definir etapas de implementación de la metodología Seis Sigma.
6) **Identificar las fuentes de variación**: Es en esta etapa en la cual se identifican por consenso las diferentes causas potenciales que pueden estar ocasionando que la característica crítica para el cliente no alcance los niveles requeridos.
7) **Tamizar las causas potenciales**: Consiste en la propuesta y selección de aquellas causas consideradas por el equipo del proyecto como de mayor impacto para el nivel del indicador.
8) **Encontrar la relación entre variables**: Consiste en la validación estadística de aquellas causas potenciales propuestas como de mayor impacto por parte del equipo de proyecto, mediante el establecimiento de pruebas de hipótesis a ser realizadas tras la recolección de datos resultantes de cambios y mejoras temporales en el proceso en baja escala, ajustando las variables del proceso en un solo nivel y moviendo las potenciales en diferentes niveles, para así medir su efecto.
9) **Establecer tolerancias de operación:** Consiste en la validación física de la combinación de los niveles de cada variable significativa para evaluar el rango de confiabilidad y su tolerancia a los factores de ruido.
10) **Validar el sistema de medición**: En esta etapa se realiza una revisión del sistema de medición con el que se monitorea el desempeño del indicador, con el objetivo de partir de una base confiable de la información a analizarse.
11) **Determinar la capacidad de proceso**: Esta fase es muy similar al paso 4 de la metodología, solo que en esta ocasión son empleados datos posteriores a la implementación de las mejoras en gran escala y tomando en cuenta todas las variables posibles en el tiempo, es decir, todos los operadores, todos los materiales normalmente utilizados, todos los turnos, varios días, lo cual habrá de considerar todas las variables de ruido posibles, tanto problemas de mantenimiento, desajustes en los equipos, variabilidad en las prácticas operativas, etc.
12) **Implementar los controles del proceso:** En esta etapa se diseñan e implementan los controles necesarios para que los niveles de cada variable significativa al desempeño del indicador sean siempre ajustados en el valor deseado para obtener el resultado que se requiere.

Como requisito del sistema de calidad de la empresa, es requerido que el líder de proyecto documente cada actividad (Reporte Final) con el propósito de dejar evidencias del análisis para futuras consideraciones y potenciales réplicas en procesos similares.

Comentarios Finales

Resumen de resultados

A solicitud de la empresa, antes de la aplicación de la metodología Seis Sigma, se realizó una evaluación de alternativas de solución posibles (el procedimiento de evaluación es información clasificada como "confidencial" por parte de la empresa) y las tres propuestas presentadas fueron:

- **Alternativa A: Eliminación de dos cortes de expansión por cada herramental de expandido.** Esta alternativa consiste en el rediseño del troquel de corte rómbico con el objetivo de que sean dos líneas menos de corte a lo ancho de la cinta, para que la malla absorba la reducción del tamaño del entramado, haciendo con esto más ligera la placa por pieza.
- **Alternativa B: Formación de la cinta a un espesor controlado por medio de un proceso de rolado.** Esta alternativa consiste en la implementación de un cabezal de rolado a la salida de la máquina de formación de cinta de plomo, que mediante temperatura y presión lleve los espesores altos de la cinta a 23 mp exactamente.
- **Alternativa C: Corrección de parámetros de formación de cinta por inmersión y ajuste de tren de expandido mediante aplicación de metodología Seis Sigma.** Esta alternativa consiste en la aplicación metodológica de las

herramientas conjuntadas en Seis Sigma para el control del proceso mediante la reducción de la variación y la identificación de los niveles óptimos de las variables críticas, para la formación de cinta de entre 22 a 23 mp, manteniendo el proceso actual sin modificaciones mayores, añadiendo algunas prácticas de trabajo que aseguren la mínima variación.

Tabla 1. Evaluación de alternativas de solución

ALTERNATIVA	EFECTIVIDAD	FACIL DE IMPLEMENTAR	SEGURIDAD	COSTO	TIEMPO PARA IMPLEMENTACION	PONDERACION
	D	E	F	G	H	(DxExF) / G / H
A (CORTES DE EXPANSION EN HERRAMENTAL)	MEDIA (7)	BAJA (4)	MEDIA (7)	244Kusd	120 DIAS	0.007
B (ROLADO DE CINTA)	ALTA (10)	BAJA (2)	ALTA (8)	337Kusd	120 DIAS	0.004
C (CORRECCION DE PARAMETROS POR SEIS SIGMA)	ALTA (9)	ALTA (10)	ALTA (9)	10Kusd	75 DIAS	1.08
NOTA: A MAYOR VALOR DE PONDERACION, MEJOR FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACION.						

Basándose en la ponderación asignada por el equipo multidisciplinario asignado a cada alternativa del proyecto, para cada uno de los factores considerados (efectividad, facilidad de implementación y seguridad, costo) mediante una técnica de grupo nominal, tomando en cuenta las cotizaciones y el tiempo de despliegue de los cambios, se buscó la alternativa que arrojara la mayor ponderación como mejor alternativa en términos de factibilidad de implementación, por lo cual la dirección de la empresa optó por emplear la **alternativa C** para el análisis de áreas de oportunidad y toma de decisiones en la formación y expandido de cinta, como alternativa de solución a implementarse, además de representar una tasa de recuperación de capital de dos meses, a comparación de 48 y 67 meses de recuperación para las alternativas A y B respectivamente (Tabla 1). La empresa considera como política de autorización de proyectos de inversión una recuperación máxima de 5 meses a partir de la liberación del monto presupuestado.

Presentación de Alternativa Seleccionada

Siendo que representó la mejor opción en cuanto a factibilidad de implementación entre las diferentes alternativas de solución propuestas, en esta sección se presenta el desarrollo de la aplicación metodológica de Seis Sigma, que llevo el Coordinador del proyecto (por los doce pasos adoptados por la empresa de la metodología), facilitando el trabajo en equipo, la toma de datos, el análisis estadístico, la determinación de conclusiones y asegurando se cubrieran todos los entregables de cada fase, para la solución del problema anteriormente descrito. La reducción de la media se presenta en la figura 2.

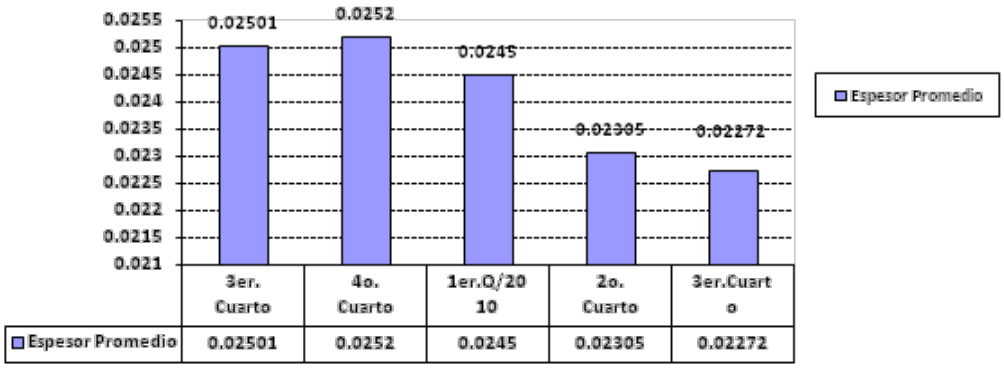


Figura 2. Grafica del espesor promedio de cinta de plomo (Meta 0.02260 pulgadas).

Validación del objetivo de desempeño.

Se determino la capacidad de proceso de los espesores resultantes de las mejoras implementadas. La capacidad final del proceso se calculo tomando en cuenta datos históricos de espesor de largo plazo desde Abril a Septiembre de 2010. A pesar de que los datos no pasan el estudio de normalidad, se decide analizar la capacidad del espesor mediante la distribución

normal, debido a que gráficamente no presentan un sesgo altamente definido, pero principalmente porque provienen de una gráfica de control en el proceso, encontrando 664 partes por millón y un nivel de Cpk de 1.96 (equivalente a un nivel sigma de 4.71, esto es 3.21+1.5) como lo muestra la Figura 3.

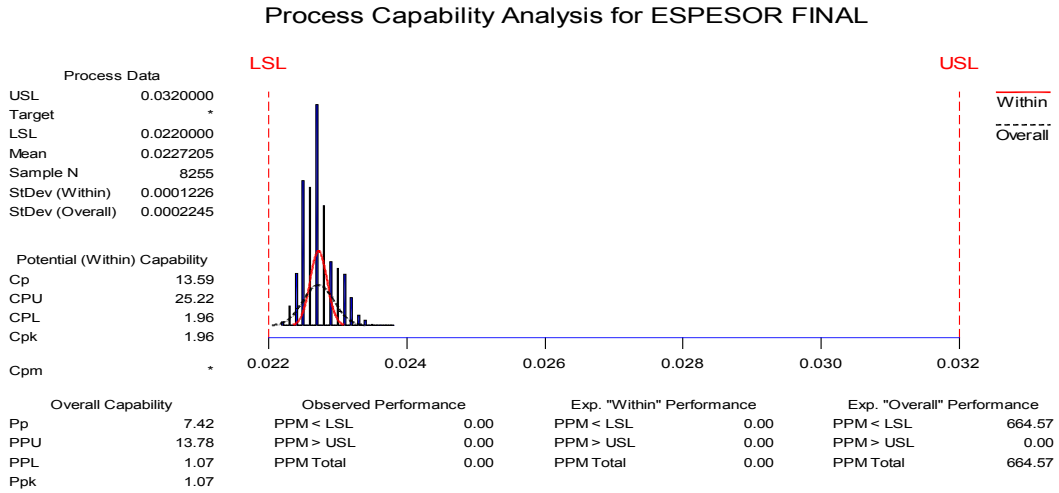


Figura 3. Gráficas de capacidad del espesor (final).

Dado a que la distribución del espesor posterior a la mejora se movió muy cerca del límite inferior de especificación, las partes por millón se han incrementado de 0 a 664 debido a la tendencia de corto a largo plazo a quedar por debajo del límite inferior de especificación, a pesar de que ninguno de estos datos rebase dicho límite.

Estabilizar la media operativa en 0.0227" con una desviación estándar de 0.00012", sin caer en movimientos de centro o ruptura de malla en la máquina expandidora, este valor está por debajo del objetivo (0.0023") pero ayuda a logar un ahorro mayor y no afecta la funcionalidad de la parte (ver resultados en Tabla 2).

Tabla 2. Resultados de la alternativas C de solución

Ítem	Antes	Después	Observación
Media	0.0250119	0.0227205	En pulgadas
Desviación Estándar (Within)	0.0001318	0.0001226	En pulgadas.
PPM	0	665	
Peso Gr.	82.20	75.4	Gramos por placa.
Ahorro $	0	15,000 usd	Por trimestre

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Las conclusiones del proyecto enfocado a la mejora del proceso son las siguientes:
Seis Sigma de forma metodológica, aporta información estadística para la toma de decisiones y la asignación de recursos, en base a reproducciones en pequeña escala de escenarios relacionados al problema en análisis, permitiendo fundar predicciones de los beneficios posteriores a implementaciones en escala completa.

Las variables críticas para determinar el espesor de la cinta de plomo son la temperatura de entrada del tambor de formación, la velocidad de corte, la altura de la arteza (como referencia relativa al desgaste del labio frontal) y la carga y descarga por ciclo de producción.

Los ajustes requeridos en cada una de las variables para lograr una consistencia adecuada en la media de espesor de los rollos de cinta de plomo fueron establecidos para la temperatura de entrada, velocidad de corte y altura de la artesa, logrando estabilizar a la media en 0.02273 con una desviación estándar de 0.000123.

La carga-descarga en secuencia escalonada es la práctica operativa de mayor efectividad implementada en este proyecto, debido a que evita que el espesor de formación se incremente cuando se detiene el flujo de cinta por los bobinadores y se disminuye la tensión de manera repentina de 52lbs a 0 lbs. de manera instantánea, lo que hace que el proceso se estabilice y los paros y retardos del proceso tiendan a disminuir.

La reducción entre la distancia entre el rodillo #1 y el rodillo #2 del cabezal de perforación del troquel elimina por completo la ruptura de la malla ocasionada por el movimiento del centro del expandido, reduciendo en un 100 % los rechazos por esta causa.

Es de necesario enfatizar la importancia de la participación de los asociados que están en contacto con el desempeño del indicador, buscando un enfoque multidisciplinario y fomentando la participación constante de los dueños del proceso o gerente general (campeón).

A pesar de que no se cumplieron algunos supuestos en los análisis estadísticos, (como la normalidad de los datos bajo estudio), los métodos estadísticos son tan poderosos que aún utilizados de esta manera, los resultados en ahorros, son considerados muy satisfactorios por parte de la gerencia.

Recomendaciones

Se recomienda que en cualquier implementación de la metodología Seis Sigma se realicen las siguientes actividades:

1. Evaluar de las necesidades de inversión antes de finalizar la etapa de medición, con el objetivo de que se solicite un presupuesto adecuado al proyecto, para facilitar la etapa de mejoramiento y la efectividad de los controles. Dicha solicitud de capital de inversión deberá ser acompañada con el análisis de la tasa de recuperación y beneficios estimados.
2. Solicitar el apoyo de la gerencia de negocio, y que se fomente la rutina de mantener una junta semanal de avances en donde cada uno de los miembros del equipo de proyecto presente los avances dentro de su responsabilidad personal.
3. Establecer como política que en cualquier implementación Seis Sigma sea el dueño del proceso quien presente los avances globales del equipo al gerente de negocio, para que participe como un agente que elimine barreras de cambio en vez de fungir como una barrera por sí mismo. Esto posiblemente ayudará a que vea la metodología como una prioridad y no como un exceso de labores. Para que las actividades de mejora funcionen es fundamental que el dueño de proceso sea un agente de cambio por convicción

Referencias

Breyfogle III F. (1999). Implementing SIX SIGMA: Smarter Solutions Using Statistical Methods. John Wiley & Sons, Inc. New York USA

Chase R. Jacobs F & Aquilano N. (2004). Operations Management for Competitive Advantage. Thent Edition. Mc. Graw Hill/Irwin. New York, N.Y. U.S.A.

Evans J. & Lindsay W. (2005). The Management and Control of Quality. 6th. Edition. South Western. USA.

Gutiérrez, H y De la Vara, R. (2004). Control estadístico de Calidad y Seis Sigma. Primera Edición. Editorial Mc Graw Hill, México, D.F.

Notas Biográficas

El M.C. Eduardo Rafael Poblano Ojinaga *estudió la licenciatura en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de la Laguna. Posteriormente se graduó como Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Cd. Juárez. Actualmente es profesor de tiempo completo del Departamento de Ingeniería del Instituto Tecnológico de la Laguna, SSBB Certificado y consultor e instructor en temas de Calidad.*

El M.C. Víctor M. Saldaña Mena *estudió la licenciatura en Ingeniería Industrial en el IT la Laguna. Posteriormente se graduó como Maestra en Ciencias en el mismo Instituto. Actualmente trabaja en una empresa maquiladora de exportación.*

El M.C. Francisco Agustín Poblano Ojinaga *estudió la licenciatura en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de la Laguna. Posteriormente se graduó como Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de la Laguna. Actualmente es Jefe de Proyectos de Docencia del Departamento de Ingeniería del Instituto Tecnológico de la Laguna.*

El M.C. Roberto Ramírez López *estudió la licenciatura en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Chihuahua. Posteriormente se graduó como Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Cd Juarez. Actualmente es profesor por asignatura del Departamento de Ingeniería del Instituto Tecnológico de Cd. Juárez y consultor independiente.*

APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS BASICAS DE LEAN MANUFACTURING PARA MEJORAR EL AREA DE SUAJE EN UNA EMPRESA LITOGRAFICA

MC Mario Ramírez Barrera [1], Athenea Núñez Sifuentes [°]
[1] Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura
[°] Estudiante del Instituto de Ingeniería y Tecnología
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
mramirez@uacj.mx , anuñez3@hotmail.com

***Resumen*— En una empresa dedicada a la impresión y elaboración de cajas de cartón liviano y precisamente en el área de suaje donde se marcan y preforman las cajas por medio de dados de prensas, esta área se selecciono para empezar de "cero" para implementar la mejora continua por medio de la aplicación de las técnicas básicas de la filosofía multidisciplinar llamada manufactura esbelta (lean manufacturing) , ya que se encontraba muy desordenada y sobre todo se visualizaron desperdicios (MUDAS) como sobreproducción, tiempos de espera, transporte, proceso, movimientos, defectos, burocracia y sobre todo de la inteligencia de los operarios, es por esto que se empezó el proceso de mejora continua con el involucramiento de los empleados y la implementación de las herramientas SOL (Seguridad, orden y limpieza), 5"S y Poka Yoke.**

***Palabras claves*—Lean Manufacturing, MUDAS, SOL, 5"S, Poka Yoke.**

Introducción

En el proceso por lotes de impresión y elaboración de cajas de cartón liviano o blando en una empresa litográfica y en la operación de suaje que es donde se marcan o preforman las cajas por medio de dados los cuales están contenidos en prensas "Bobst", prevalece mucho desorden en áreas de trabajo y maniobras sin delimitar (figuras 1 y 2), herramientas, dados y materiales sin identificar esparcidos por toda el área de trabajo (figura 3 y 4), así como lotes revueltos de producción por lo que se generan movimientos innecesarios de los empleados de búsqueda, así como transportes excesivos de pallets con material que no agregan ningún valor al producto.

Esto genera también tiempos perdidos, errores al empacar el producto mezclando el defectuoso con el que cumple las especificaciones, existiendo desmotivación y frustración del personal ya que no se el toma en cuenta sus ideas, conocimientos y experiencias para llevar a cabo una mejora continua en esta área.

Figura 1. Area de Prensa "Bobst" actual.

figura 2. Area de maniobras actualmente.
(Areas de trabajo y movimiento de material sin delimitar)

Figura 3. Área de materia prima actual.

Figura 4. Área de dados actual.

(Herramientas, material y dados esparcidos por toda el área y sin identificar) .

Descripcion del Metodo

Para mejorar el área de suaje se utilizaron las herramientas básicas: SOL (seguridad, orden y limpieza), 5"S (control visual), mapeo de desperdicios (MUDAS) y Poka Yoke para implementar la técnica de manufactura esbelta o lean manufacturing, por lo cual quedo lista la compañía para implementar completamente esta técnica de mejoramiento continuo sin olvidar el involucramiento de los empleados lo que nos conducirá a un cambio positivo de la cultura laboral en la empresa como se indica en la figura 5.

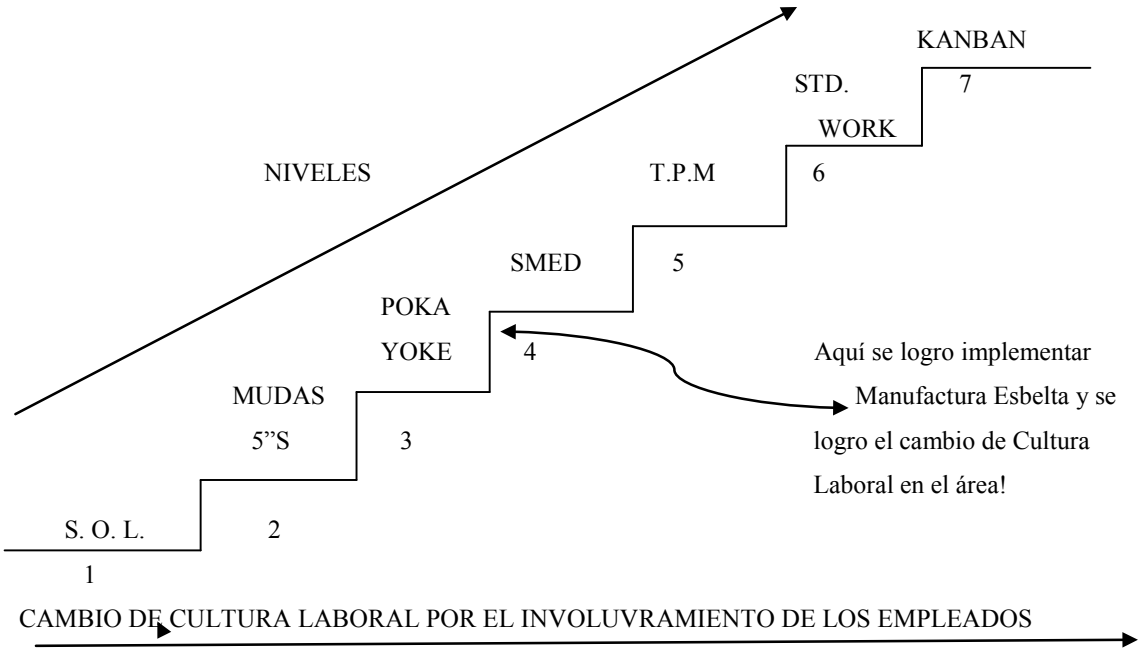


Figura 4. Niveles de implementación de la técnica de Lean Manufacturing en el área de Suaje.

.

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

El Proyecto de mejora continua se llevo a cabo mediante las herramientas básicas de manufactura esbelta, desarrollándose mediante 4 fases, las cuales fueron: Fase I Diagnostico, en el cual se definieron las necesidades de Organización, Orden y Limpieza y se establecieron métodos de identificación de estas necesidades, así como la identificación de desperdicios dentro del proceso de producción. La Fase II correspondió a la Planeación de las actividades a realizar, así como los responsables y fechas de cada actividad. La Fase III correspondió al Desarrollo e Implementación de las actividades designadas en la fase anterior, dividida en 5 partes que corresponden a los cinco Pilares de las 5"S, siendo estas: 1s) Organización, 2s) Orden, 3s) Limpieza, 4s) Estandarización y 5s) disciplina. En la Fase IV se impartió la Capacitación al personal en 5´s y seguridad industrial para reforzar la i implementación exitosa de la técnica 5"S.

FASE I. Diagnostico.

Definición de necesidades de organización, orden y limpieza. Auditoria 5's, check list. Se diseño un "checklist diagnostico" y se llevaron a cabo recorridos por el área, con el objetivo de establecer prioridades y el grado de Organización, Orden, Limpieza, Estandarización y Disciplina que se encuentra el área. Se realizo un par de auditorías 5"S y de Seguridad, orden y limpieza (S.O.L) en el área, con el objetivo de establecer prioridades y rutas de acción, cabe notar que dichas auditorias realizaron los propios trabajadores de el área con la finalidad de involucrarlos en la mejora continua y así detectar desperdicios (MUDAS) en el entorno de trabajo dicho formato de auditoría se muestra en el cuadro 1.

Nombre: _____ Fecha: _____ Área: _____

#	DESCRIPCION	SI	NO
1	¿Existe material, dados y herramientas acumulados en las áreas de trabajo?		
2	¿Se han hecho retrabajos debido a la suciedad y desorden?		
3	¿Consideras que las áreas de trabajo están limpias, ordenadas y delimitadas?		
4	¿Están los materiales y herramientas accesibles para su uso?		
5	¿Tienes artículos en el área que no son tuyos, y no sabes de quien son?		
6	¿Esta a la vista todo aquello que necesitas para trabajar?		
7	¿Se tiene material en exceso para trabajar?		
8	¿Retiras los desperdicios y basura con frecuencia de tu área de trabajo?		
9	¿Tienes un área para colocar tus objetos personales y equipo de seguridad?		
10	¿Consideras que tu área de trabajo es segura y agradable?		

Observaciones personales_____

Cuadro 1. Encuesta de auditoría o "checklist diagnostico"utilizado en las técnicas S.O.L. Y 5"S.

FASE II. Planeación.

Definición de actividades y responsables de cada actividad. Mediante una "minuta 5's", previamente revisada con la directiva de la empresa, en donde se definieron responsables, actividades y fechas de implementación, realizando un "cronograma" con fechas programadas con el objetivo de dar seguimiento a las actividades ya programadas.

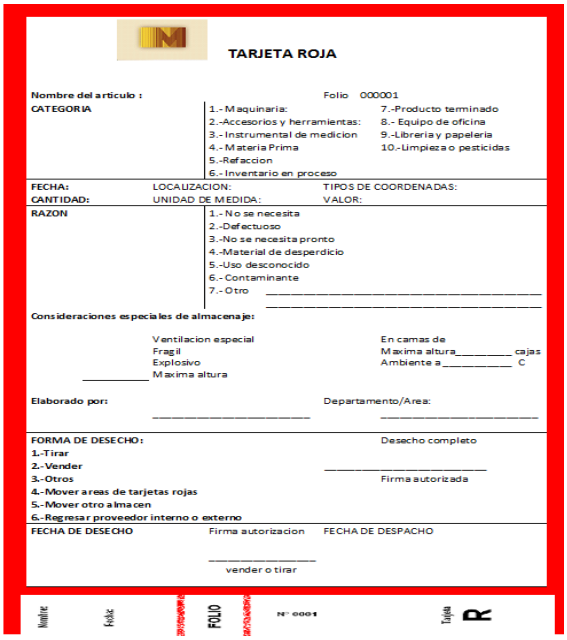
FASE III. Desarrollo e Implementación.

Con la identificación de oportunidades de mejora se identifico punto por punto la implementación de cada una de los pilares de las 5"S; empezando con la organización de toda el área optimizando los espacios de producción y manejo de materiales, desechando por medio de la "tarjeta roja" dados, equipos y herramientas sin utilizar y/o obsoletos (se muestra dicha tarjeta en la figura 5), aplicándola en las aéreas de producción de suaje como se ilustra en la figura 6, así como posteriormente se elaboro un "análisis por cliente" con datos históricos para determinar los dados que han sido cambiados, y no son usados desde hace tiempo, con el objetivo de ver su obsolescencia y reubicación fuera de áreas de producción de los mismos, para posteriormente identificarlos y rotularlos . Y finalmente se procediendo a ordenar (figura 7), limpiar y estandarizar el área de suaje, delimitando espacios de materiales (figura 8), así como de maquinas y dados (figura 9) y finalmente se identificaron los dados en los estantes por medio de etiquetas utilizando para esto la herramienta poka yoke de Lean Manufacturing como se indica en la figura 10.

FASE IV. Capacitación e involucramiento del personal.

Se realizo una campaña concientización de orden, limpieza y seguridad industrial con el fin de reforzar la 5ª etapa del 5"s que consiste en disciplinar al personal por medio de entrenamientos a todo el personal del área de suaje, con el objetivo de mostrar las mejoras e impulsarlos a tener la cultura permanente de participación en la mejora continua de la organización**.**

.



TARJETA ROJA

Nombre del articulo : Folio 000001

CATEGORIA
1.- Maquinaria:
2.-Accesorios y herramientas:
3.- Instrumental de medicion
4.- Materia Prima
5.-Refaccion
6.- Inventario en proceso
7.-Producto terminado
8.- Equipo de oficina
9.-Libreria y papeleria
10.-Limpieza o pesticidas

FECHA: LOCALIZACION: TIPOS DE COORDENADAS:
CANTIDAD: UNIDAD DE MEDIDA: VALOR:

RAZON
1.- No se necesita
2.-Defectuoso
3.-No se necesita pronto
4.-Material de desperdicio
5.-Uso desconocido
6.- Contaminante
7.- Otro _____

Consideraciones especiales de almacenaje:

Ventilacion especial
Fragil
Explosivo
_____ Maxima altura
En camas de
Maxima altura_____ cajas
Ambiente a_____ C

Elaborado por: _____ Departamento/Area: _____

FORMA DE DESECHO:
1.-Tirar
2.-Vender
3.-Otros
4.-Mover areas de tarjetas rojas
5.-Mover otro almacen
6.-Regresar proveedor interno o externo
Desecho completo
_____
Firma autorizada

FECHA DE DESECHO Firma autorizacion FECHA DE DESPACHO

_____
vender o tirar

Nombre Folio FOLIO N° 0001 Tarjeta R

Figura 5. Tarjeta roja para desechar lo innecesario

Figura 6. Dados en "desuso" con tarjeta roja desechados.

Figura 7. Ordenando y limpiando toda el area.

Figura 8. Delimitando areas de materiales.

Figura 9. Áreas de prensas y dados delimitadas. (Ordenadas y estandarizadas).

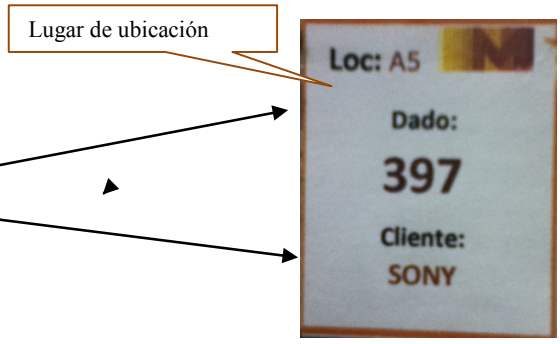


Figura 10. Etiqueta identificadora de dados

Por experiencia propia de 35 años como Ingeniero Industrial, he notado que la implementación de todo proceso de mejora continua sin exceptuar la técnica 5"S, tiende a fracasar si no se les da un seguimiento efectivo y es por esto que mi alumna Athena Núñez Sifuentes se dio a la tarea de adaptar un formato de evaluación 5"S (figura 11), el cual llenaran los propios trabajadores del área de suaje con el fin de seguirlos involucrando en la implementación total del la técnica de la filosofía de

Manufactura Esbelta o "Lean Manufacturing" y con esto haremos de lograr una cultura laboral totalmente participativa hacia todo cambio de mejora procesos futuros o "reingeniería" que se presenten en la compañía.

FORMATO EVALUACION 5'S

Area:_____ Fecha: _____

Persona que evalúa:_____

MONARCH LITHO INC.

S	Elemento			
1's	Distinguir entre lo que es necesario y lo que no lo es.	SI	No	Comentarios
ORGANIZACION	Han sido eliminados todos los artículos innecesarios?			
	Están todos los artículos restantes arreglados en condiciones sanitarias y seguras?			
	Los corredores y áreas de trabajo son lo suficientemente limpias y señaladas?			
	Los artículos innecesarios están siendo almacenados en el área de tarjeta roja y bajo las normas de buenas practicas de manufactura?			
	Existe un procedimiento para disponer de los artículos innecesarios?			
2's	Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar.	SI	NO	COMENTARIOS
ORDEN	Existe un lugar especifico para todo marcado visualmente y bajo las normas de las buenas prácticas de manufactura?			
	Esta todo en su lugar especifico y bajo las normas de buenas prácticas de manufactura?			
	Son los estándares y limites fáciles de reconocer?			
	Es fácil reconocer el lugar para cada cosa?			
	Se vuelven a colocar las c osas en su lugar después de usarlas?			
3's	Limpieza. Buscando métodos para mantenerlo limpio.	SI	NO	COMENTARIOS
LIMPIEZA	Son las áreas de trabajo limpias, y se usan detergentes y limpiadores apropiados?			
	El equipo se mantiene en buenas condiciones y limpio?			
	Es fácil distinguir los materiales de limpieza, uso de detergentes y limpiadores apropiados?			
	Las medidas de limpieza utilizadas son inviolables?			
	Las medidas de limpieza y horarios son visibles fácilmente?			
4's	Mantener y monitorear las primeras 3's.	SI	NO	COMENTARIOS
ESTANDARIZACION	Esta toda la información necesaria en forma visible?			
	Se respetan consistentemente todos los estándares?			
	Están asignadas y visibles las responsabilidades de limpieza?			
	Están los botes de basura y compartimientos de desperdicio vacios y limpios?			
	Están las herramientas de trabajo en su lugar asignado?			
	Hay alguna herramienta, equipo y/o materiales en el suelo?			
5'S	Apegarse a las reglas escrupulosamente.	SI	NO	COMENTARIOS
DISCIPLINA	Los trabajadores observan los procedimientos estándar BPM y seguridad?			
	Están siendo la organización, el orden y la limpieza regularmente observadas?			
	Todo el personal se involucra en la campaña 5's?			
	Son observadas las reglas de seguridad y limpieza?			
	Se respetan las áreas de no fumar y no comer?			
	Se encuentran fuera del área de trabajo todos los objetos personales y/o liquidos?			
	La basura y desperdicios están bien localizadas?			

Elaborado por : Ing Athenea Nunez
Sifuentes Septiembre 2009

Figura 11. Formato de Evaluación que realizaran los trabajadores para dar un seguimiento efectivo a la Implementación de la técnica o herramienta 5"S de Manufactura Esbelta.

Comentarios finales

Resumen de resultados

El resultado final de este proyecto fue la implementación de la Metodología 5´S en el área de suaje de una empresa litográfica, el cual permitirá establecer productividad, calidad y seguridad y sobre todo dejar lista la compañía para poder implementar con éxito todo los niveles del proceso de la técnica o filosofía multidisciplinar de manufactura esbelta o llamada en ingles "Lean Manufacturing".

Al Organizar, Ordenar, Limpiar y Estandarizar el área de suaje, se logro optimizar en un 32% los espacios de maquinas, materiales, herramientas y sobre todo el de los dados de la prensas "Bobst", los cuales al ser seleccionados solo los necesarios para el proceso de producción se logro un sistema rápido de identificación y búsqueda lo cual nos dejo preparados para disminuir los tiempos de set up del producto con una reducción de hasta en 20 minutos por cada cambio de modelo por medio de la técnica "Smed" de lean manufacturing y dejar preparada un espacio para un taller con la finalidad de reparar dados, lo cual representara un ahorro para la empresa de $10,500.00 dlls para el concepto de retorno y recuperación de dados.

Además al haber implementado esta herramienta de 5"sirvió como un complemento muy valioso para el programa de seguridad industrial de la empresa, ya que se lograron tener espacios despejados para pasillos de rutas de evacuación, salidas de emergencia, extinguidores e hidrantes.

Lo más significativo de este proyecto fue el cambio de actitud de todo el personal (empezando por la gerencia) ya que quedaron convencidos sobre las bondades de la filosofía"LEAN" hacia el cambio de paradigmas sobre el mejoramiento continuo solo por el hecho de haber implementado todos los pilares de la técnica 5"S a través de un plan efectivo de involucramiento por medio de un programa efectivo de capacitación y seguimiento. (Disciplinar)

Conclusion

"Todas las personas involucradas en un proceso de producción deberán poseer el conocimiento, los medios, las habilidades necesarias y sobre todo la actitud para identificar las actividades que no agreguen valor al producto con el fin de mejorar la calidad y la productutividad de la empresa haciéndola más competitiva"

Ing. Ind. Mario Ramírez Barrera (Febrero 2011)

Referencias

Hiroyuki hirano "5 Pillars of the visual work place: The sourcebook for 5S Implementation" 1996 Productivity press, Portland, OR. Estados Unidos de América**.**

Notas Biográficas

El **M.C. Mario Ramírez Barrera** es egresado en 1976 del Instituto Tecnológico de Cd. Juárez Chihuahua como Ingeniero Industrial en Producción y como Maestro en ciencias en Administración en la Universidad Autónoma de Chihuahua en el año 2003.

Ha interactuado en la industria maquiladora desde el año 1973, en los puestos de jefe de grupo, supervisor y superintendente de producción así como ingeniero de procesos hasta asesor e instructor externo independiente en las áreas de Supervisión, Seguridad Industrial, Ergonomía, Manufactura Esbelta y Mejoramiento Continuo en diferentes empresas nacionales y extranjeras y es autor del libro Manual de Técnicas de Supervisión en la Producción, editado en 1986 por Limusa-Noriega México.

Ha sido docente desde 1980 en el Tecnológico de Juárez y en el Centro de estudios Tecnológicos y de Servicios 61 y actualmente es maestro de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez desde 1984 y es el diseñador del tablero flexible de habilidad y destreza, el cual actualmente esta patentado como modelo de utilidad por el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial y es utilizado como prototipo didáctico en el laboratorio de ergonomía y métodos del programa de ingeniería industrial del Instituto de Ingeniería y Tecnología , así como también se utiliza como un simulador de habilidades en el centro internacional de entrenamiento de cirugía endoscopia en el Instituto de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. (UACJ).

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

USO DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN PARA EL MEJORAMIENTO CONTINUO

M.C. Manuel Jesús Reyes Méndez[1], Dr. Manuel A. Rodríguez Medina[2], Erica Michelle González Bustillos[3], Gabriel F. Jurado García [4]

RESUMEN

Tomando como marco el extenso campo del mejoramiento continuo, se destaca en este trabajo la necesidad de medir la variabilidad de los procesos de mejora, enfrascados en una espiral de conocimiento iterativo. Justamente el análisis estadístico es el escenario donde se ejercen los retos para lidiar con técnicas de análisis que se ajusten más a la realidad. Una de estas técnicas es el Análisis de la Regresión, del cual hacemos el tema central. Principalmente nos llama la atención los trabajos desarrollados en Regresión Difusa que se basan en la regresión probabilística y la lógica difusa.

Mediante el análisis de literatura en el campo encontramos que los estudios de la lógica difusa son atractivos retos de investigación ya que permite afrontar la imprecisión e incertidumbre que pueden aparecer en todos los lados. Sergio Donoso Salgado teniendo como referencia a Tanaka H. propone diferentes técnicas de análisis para conjugar modelos de regresión. Aquí referenciamos el modelo que destacar el de encontrar el o los coeficientes que tengan la menor incertidumbre posible. Al final se obtiene una combinación de métodos de programación lineal con análisis de regresión que nos puede permitir delinear futuras investigaciones.

Palabras clave: Regresión Difusa, Mejoramiento Continuo,

INTRODUCCIÓN

Durante mucho tiempo se ha investigado sobre aplicaciones que faciliten el trabajo de medir y promover la mejora continua. En este trabajo se pretende hacer una descripción somera de los conceptos de Mejoramiento continuo y Análisis de la Regresión. Principalmente, se pretende hacer un acercamiento a las técnicas de Análisis de Regresión que últimamente se están investigando, concretamente se pretende explicar el alcance y contenido del Análisis de Regresión Difusa, pretendiendo con ello llamar la atención de quien se interesa por incursionar por nuevos senderos de la ciencia.

Iniciamos con el concepto de Mejora continua y después hacemos el planteamiento general del modelo de regresión. Posteriormente continuamos con las indicaciones acerca de los problemas que se pudieran generar al aplicar el modelo de regresión general y las soluciones planteadas que, a su vez, general nuevas técnicas de análisis de regresión. En el desarrollo del tema fundamental, presentamos el planteamiento del Análisis de Regresión Difusa tratando de colocarlo en el plano de mejor entendimiento, teniendo en cuenta la poca difusión que existe de la lógica y los conjuntos difusos.

MEJORAMIENTO CONTINÚO

Mejorar es uno de los objetivos muy frecuentes que se desea alcanzar en las actividades y proyectos que se realizan todos los días. Como todo trabajo es una serie de procesos interconectados, se parte del hecho de reconocer que la variación está alrededor de cada

[1] Profesor del ITCJ Ingeniería Industrial, reyesmjesus@yahoo.com
[2] Profesor del ITCJ Posgrado, mrodriguez@yahoo.com
[3] Alumna del ITCJ Ingeniería Industrial, michelle6436@hotmail.com
[4] Alumno del ITCJ Ingeniería Industrial, gabrieljurado04@hotmail.com

actividad que se lleva a cabo, y la identificación, caracterización, cuantificación, control y reducción de la varianza ofrecen la oportunidad de mejorar.

Se puede decir que la mejora continua es el nuevo conocimiento que se genera con el proceso de aprendizaje iterativo. En cada paso se genera nueva información, esto coincide en el proceso de construcción de los modelos matemáticos.

Los métodos para implementar filosofías de Mejora Continua utilizan técnicas de la Administración Total de la Calidad (Confiabilidad, Disponibilidad, Control de la Calidad, Seis sigma, etc.) que tiene su base en el manejo de la información procesada por herramientas estadísticas.

Una de las herramientas que han sido utilizadas en este campo es el Análisis de la Regresión tal y como lo presenta Jorge Domínguez [2004] con el estudio de los índices de capacidad. Sin embargo, existen otras áreas de oportunidad en este contexto que se pueden abordar. Un caso muy interesante y actual es el Análisis de Regresión Difusa que se indicara más adelante.

REGRESIÓN

El problema general de regresión consiste en encontrar la relación entre una variable dependiente con un conjunto de variables independientes. Formalmente, dada una función $f(x, A)$ se quiere encontrar un vector de parámetros A, tal que $y_i = f(x_i, A) para\ i = 1, \dots, n$

La Regresión Probabilística relaja la relación definiendo una función de pérdida, L, que mide los errores de predicción entre y_i y $f(x_i, A)$ con la idea de encontrar una solución lo más aproximada al cumplimiento de la igualdad.

Una elección habitual de función de perdida es la norma L_p:

$$L_p(y - f(x, A), x) = |y - f(x, A)|^p \quad (1)$$

Para algún numero positivo p. La función de perdida más utilizada es el ajuste de Mínimos Cuadrados, donde p=2, que presenta ventajas analíticas, ya que L_1 tiene el inconveniente de presentar discontinuidades en sus derivadas.

El modelo clásico de Regresión Lineal, basado en la teoría de probabilidades, asume que se dispone de n observaciones independientes para las variables $y,\ x_1,\ x_2, \dots x_m$

Para cada observación se asume el modelo lineal siguiente:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \cdots + \beta_m x_{im} + \varepsilon_i \quad (2)$$

Donde los valores β_i son parámetros no conocidos, y se hacen los siguientes supuestos sobre los residuos aleatorios ε_i :

I) El valor esperado de los residuos es cero.
II) La varianza de los residuos es una constante σ^2 no conocida.
III) La covarianza entre ε_i y ε_k para $i \neq k$ es cero.

Cuando m sea 1 tenemos la Regresión Lineal Simple y si m es mayor que 1, tenemos la Regresión Lineal Múltiple que se expresa en forma matricial como:

$$y = x\beta + \varepsilon \quad (3)$$

Donde y es el vector de dimensión n con las observaciones de la variable dependiente. Por otro lado, x es la matriz $n(m + 1)$ con n observaciones independientes más una variable de unos, y β es un vector $(m + 1)$ con los parámetros no conocidos que hay que estimar.

El método de estimación de mínimos cuadrados, minimiza los valores de ε al cuadrado $(y - x\beta)'\ (y - x\beta)$. Con la solución b que estima a β y está dada por:

$$b = (x'x)^{-1}x'y \quad (4)$$

Se notar que entre todos los estimadores insesgados de β (que cumplen con la condición $E(b) = \beta$) el estimador de mínimos cuadrados es el de menor varianza. Este resultado se conoce como también como Teorema de Gauss-Markov.

PROBLEMAS DE LA REGRESIÓN

Este modelo clásico de Regresión Probabilística presenta algunos problemas prácticos:

- Pueden existir errores de especificación del modelo.
- Puede existir multicolinealidad entre las variables independientes.
- Puede existir heterocedasticidad o varianza no constante entre las observaciones
- Puede ser que los coeficientes β no sean constantes por el cambio de tendencia en el tiempo, poblaciones no homogéneas, etc...

El primer problema se detecta haciendo un análisis de los residuos, si no hay un comportamiento aleatorio entonces existe error en la especificación del modelo.
El segundo problema se puede solucionar haciendo una estimación sesgada pero de menor varianza conocida como $Regresion\ Ridge$ y que depende del parámetro λ. Otros intentos para afrontar el problema de la multicolinealidad son:

- $la\ Regresion\ de\ Componenetes\ principales$ y
- $la\ Regresion\ Lasso\ o\ de\ Minimos\ Cuadrados\ Parciales$

El último de los problemas ha llevado a estudiar:

- La $Regresion\ Parcializada\ por\ Tramos$ para recalcular los parámetros para cada tramo.
- $La\ Regresion\ Ecologica$ Donde se moldea el comportamiento de grupos en lugar de individuos.

Una técnica utilizada dentro de la regresión probabilística es:

- $La\ Seleccion\ de\ Variables\ o\ Regresion\ paso\ a\ paso$ Orientada a excluir las variables independientes que no son relevantes para el modelo.

Una situación específica de regresión se tiene cuando la variable dependiente puede tomar solo dos valores se denomina $Regresion\ Logistica$ En este caso la variable sigue una distribución binomial y se realiza una transformación quedando el modelo logístico como

$$\pi(x) = \frac{e^{x\beta}}{1+e^{x\beta}} \quad (5)$$

En estos casos, el método de estimación que se usa se denomina $de\ maxima\ verosimilitud$ y consiste en elegir los paramentos de un modelo probabilístico que tenga mayor probabilidad de ocurrir, de acuerdo con los datos disponibles.
Una gran dificultad existe en la obtención de los datos, concretamente se refiere a la fuente de información cuando no hay precisión en los datos. Así, en referencia al Análisis de Regresión sabemos que hay dos fuentes que contaminan la información y estas son: la imprecisión en la expresión del modelo y la incertidumbre que puede provocar la fuente que nos la proporciona.

Con referencia a la incertidumbre podemos enfocarnos a la precisión de la información, en cuyo camino encontramos el mundo de la lógica borrosa (“fuzzy logic”) o difusa que pretende manejar un mundo de información imprecisa como un conjunto difuso. Estos sistemas pueden ser aplicados a problemas similares que las redes neuronales, resultando especialmente interesante para problemas no lineales o bien no definidos. De la misma manera, los sistemas borrosos permiten modelar cualquier proceso no lineal, y aprender de los datos haciendo uso de determinados algoritmos de aprendizaje.

CONJUNTOS DIFUSOS

En 1965 Lotfi A. Zadeh propuso la Teoría de Subconjuntos Difusos basada en la lógica difusa que es una de las disciplinas matemáticas con mayor número de seguidores y que tiene grandes aplicaciones en la investigación en el área de las Ciencias de la Computación.

El concepto de conjunto difuso se relaciona con una colección de objetos que pueden pertenecer a él con un cierto grado, desde un grado máximo de 1 para la completa pertenencia a un grado mínimo de 0 para la no pertenencia, pasando por todos los valores intermedios.

Este tipo de lógica utiliza expresiones que no son totalmente ciertas ni totalmente falsas, es decir, es una lógica aplicada a conceptos que pueden tomar un valor indeterminado de veracidad dentro de un conjunto de valores cuyos extremos son la verdad absoluta o la falsedad absoluta. Es una lógica que expresa la falta de definición del objeto al que se aplica.

Según la lógica clásica un elemento pertenece o no pertenece al conjunto, sin embargo la lógica borrosa lo que hace es poner un grado de pertenencia al conjunto. Este grado de pertenencia se define mediante la función característica asociada al conjunto difuso: para cada valor que puede tomar la variable x, la función característica $\mu_A(x)$ proporciona el grado de pertenencia de ese valor x al conjunto difuso A.

REGRESIÓN DIFUSA

El análisis de regresión difusa se fundamenta en el análisis de regresión tradicional e intenta extender su aplicación a datos que pueden modelarse a través de subconjuntos difusos. Bajo el título de Regresión difusa se engloba todo método de regresión en el que alguna de sus variables y/o alguno de sus coeficientes sean números difusos.

Las primeras propuestas de regresión difusa consideraban que la variable de salida era un conjunto difuso y la(s) variable(s) de entrada era(n) datos precisos. En este esquema, los coeficientes estimados son difusos. Posteriormente se han presentado propuestas en donde se considera tanto las variables de salida como las variables de entrada conjuntos difusos. Las primeras aportaciones a este campo son de Hideo Tanaka en el diseño de la $Regresion\ Difusa\ Probabilistica$y las últimas son de Sergio Donoso Salgado [2009] en sus Nuevos Enfoques y Aplicaciones de la Regresión Difusa y en la estimación de la bondad de ajuste desde la perspectiva de la teoría de conjuntos Difusos.

CRITERIO DE MINIMIZACION DE LA REGRESIÓN DIFUSA

Consideremos que y_i pueda ser un número difuso $Y_i = f(x_i, A)\ para\ i = 1, \dots, n$
Suponemos que se tiene un conjunto de n observaciones, donde los valores de entrada son precisos y están representados en la matriz X_{ij} (con i=1…n y j=1…m) de valores reales, y la variable de salida Y_i es imprecisa estando dados sus valores por funciones de pertenencia triangular de parámetros (y_i, p_i, q_i). En esta relación, si suponemos también que los coeficientes representados por A son números difusos, siempre se va a poder encontrar un valor para dichos coeficientes que permita cumplir con la condición de los conjuntos difusos, probablemente no con la pertenencia de uno, pero si con una pertenencia mayor que cero. El objetivo que se ha trazado la Regresión Difusa es encontrar el o los coeficientes representados por A que tengan la menor incertidumbre posible.

La regresión difusa se ha centrado en las llamadas $funciones\ de\ pertenencia\ \boldsymbol{LR}$ que se construyen a partir de dos funciones lineales L y R denominadas funciones lineales triangulares definidas como:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} L\left(\frac{m-x}{a}\right) a > 0,\ \forall_x \leq m \\ R\left(\frac{x-m}{b}\right) b > 0,\quad \forall_x \geq m \end{cases} \quad (6)$$

Estos conjuntos difusos LR son los más empleados por la regresión Difusa y la notación para uno de estos conjuntos difusos A es $(a,\ p_a, q_a)_{LR}$ donde a es el valor mayor de pertenencia o valor central, p_a es la extensión izquierda, y q_a es la extensión derecha

Para obtener una solución, se considera que Y_i tiene una función de pertenencia de tipo LR y que los coeficientes $A_j = (a_j, c_{Lj}, c_{Rj})$ También tienen una función de pertenencia $L_j R_j$
En términos más generales, los criterios de regresión deben cumplirse en términos difusos, no solo para el número difuso Y_i sino para sus h-cortes Y_i^h .

Teniendo en cuanta que f es una función lineal definida por $f(x, A) = A_0 + \sum_{j=0}^{m} A_j x_j$
Y que por otro lado Y_i tiene una función de pertenencia no simétrica $(y_i, p_i, q_i)_{LR}$, las restricciones Posibilísticas quedan representadas por

$$\sum_{j=0}^{m} a_j X_{ij} - L^{-1}(h) \sum_{j=0}^{m} c_{Lj} X_{ij} \leq y_i - L^{-1}(h) p_i\ para\ i = 1, \dots, n \quad (7)$$

$$\sum_{j=0}^{m} a_j X_{ij} + R^{-1}(h) \sum_{j=0}^{m} c_{Rj} X_{ij} \geq y_i + R^{-1}(h) q_i\ para\ i = 1, \dots, n \quad (8)$$

$$c_{Lj}, c_{Rj} \geq 0\ para\ j = 0, \dots, m$$

Ecuaciones que pueden ser reescritas como funciones de pertenecía triangulares no simétricas quedando definidas con las siguientes desigualdades:

$$\sum_{j=1}^{m} a_j X_{ij} - (1-h) \sum_{j=1}^{m} c_{Lj} X_{ij} \leq y_i - (1-h) p_i\ para\ i = 1, \dots, n \quad (9)$$

$$\sum_{j=0}^{m} a_j X_{ij} + (1-h) \sum_{j=1}^{m} c_{Rj} X_{ij} \geq y_i + (1-h) q_i\ para\ i = 1, \dots, n \quad (10)$$

Para la Regresión Difusa Posibilística Tanaka propone como criterio para minimizar la incertidumbre de la estimación, el uso de funciones de pertenencia simétricas:

$$Min \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} (c_{Lj} + c_{Rj}) |x_{ij}| \quad (11)$$

Tomando esta función objetivo y considerando las restricciones Posibilísticas anteriores, queda formalizado un problema de programación lineal.

El nivel de confianza o parámetro h que define el ∝-corte en el cual se estimaran los coeficientes, Tanaka y Watawa (1988) sugieren el valor de 0 cuando hay una cantidad razonable de datos y un valor mayor cuando hay pocos valores disponibles pero la estimación presentara mayor incertidumbre.

Es importante señalar que Tanaka ha aplicado el análisis de regresión Posibilístico a casos prácticos concretos como el estudio de tensión en un puente en Japón donde las variables de entrada son los diversos factores de error que pueden existir en las especificaciones del puente.

COMENTARIOS

Hemos seguido un camino que trazamos desde la necesidad de la mejora continua hasta el Análisis de Regresión Difusa, pasando por la importancia de medir la variación de los procesos y el manejo de la información ambigua.

Los métodos de Análisis de la Regresión Difusa han sido propuestos por Tanaka y últimamente desarrollados más ampliamente a nivel experimental por Sergio Donoso Salgado al grado de

proponer diferentes técnicas de análisis para conjugar modelos de análisis de regresión más robustos.

El modelo que se presenta aquí solamente es uno de los muchos que están en la etapa de estudio. Cabe destacar que el objetivo trazado por este modelo de Regresión Difusa es encontrar el o los coeficientes que tengan la menor incertidumbre posible y que, lo que al final se obtiene es una combinación de métodos de programación lineal con análisis de regresión.

Por último es necesario recalcar que la principal motivación de presentar esta información es orientar el interés a futuras investigaciones. Podemos destacar que la Regresión Difusa aplicada a la Ingeniería Industrial, tal y como en muchas otras áreas de estudio, tiene grandes retos para los investigadores.

REFERENCIAS

Cantú Delgado Humberto (2006) *Desarrollo de una Cultura de Calidad*, Mc Graw Hill

Donoso Salgado, Sergio2006 *Análisis de Regresión Difusa: Nuevos Enfoques y Aplicaciones*. Tesis Doctoral, Granada España,

Domínguez Jorge (2004) *Teoría Difusa una Alternativa en la Optimización para la Mejora Continua.* Centro de Investigación en Matemáticas A.C.

Tanaka H. y Ishibuchi H. (1992) Possibilistic regression analysis based on linear programming. En Kacprzyk J. Fedrizze M. (Eds.) *Fuzzy regression analysis*, paginas 47-60.

Tanaka H. y Watada J. (1988) Possibilistic linear systems and their application to the linear regression model. *Fuzzy Sets and Systems* 27(3): 275-289.

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

Análisis Multi-Criterio Para la Selección de Proveedores Aplicando la Técnica Topsis

Denisse Gabriela Rivera Mojica[1], Gabriel Isaac Siller [2] Jorge Luis García Alcaráz [3]

Resumen

El éxito de las empresas depende de ciertos factores como la calidad en los productos que fabrican, los tiempos de entrega a clientes y buscando superar sus expectativas, creando compañías globalizadas y capaces de mantener niveles competitivos para permanecer en el mercado. Uno de esos factores es selección de proveedores, ya que ello permite contar con fuentes confiables y seguras de materias primas que cumplan con las especificaciones.

Como respuesta a esta necesidad, en este artículo se presenta un modelo de evaluación para la selección de proveedores en una organización de tipo comercial y de servicios, para lo cual se usó la técnica TOPSIS y se integraron el costo del producto, el costo de entrega, recursos tecnológicos del proveedor, flexibilidad de las entregas, calidad del producto y servicio al cliente. La técnica demostró ser eficiente y fácil de aplicar.
Palabras claves: **TOPSIS, proveedores, competitivo, atributos, organización, éxito.**

Introducción

El aseguramiento de la calidad y la satisfacción al cliente, se inicia con la selección de los mejores proveedores (Hernández *et al*, 2007), por lo que es necesario realizar una evaluación de los mismos, para determinar cuál de estos cumple con los requerimientos y expectativas primordiales de la empresa.

Los proveedores, además de contribuir con sus servicios y productos, suelen apoyar las finanzas de la organización a través de los inventarios bajos que repercuten en grandes ahorros, también permiten presentar novedades a los clientes y actúan como asesores comerciales, participando incluso en la capacitación y entrenamiento de la fuerza de ventas, a fin de compartir información sobre participación, tendencias y cambios en el mercado (Álvarez *et al*, 2005).

Dado el papel preponderante que juegan los proveedores, es necesario hacer una buena selección de los mismos, y esto se debe realizar sobre aspectos muy claros, entre una gran cantidad de ellos que señalan Álvarez y Calandro (2005), se pueden considerar: Los productos y servicios en sí, la calidad, los precios, su organización, el apoyo técnico que ofrecen, la responsabilidad, los recursos que disponen, sus referencias empresariales, sus servicios de atención al cliente, sus procesos de aceptación de reclamos, el manejo de sus entregas, las frecuencias de las entregas, el estado de los pedidos, la fiabilidad y facilidad de las entregas, los costos de las entregas, la flota con la cual cuentan, manejo de las tecnologías de la comunicación, procesos en línea y aplicación de las nuevas tecnologías.

Los aspectos antes señalados servirán en principio como criterios para la selección de los proveedores, al someterlos a evaluación a través del modelo multicriterio TOPSIS. Con respecto a las técnicas de evaluación que se han utilizado para la selección de proveedores, Sarache *et al* (2004) desarrollaron un procedimiento para la evaluación de proveedores mediante técnicas de multicriterio, Hurtado (2005) aplicó el proceso de análisis Jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores, Hernández *et al* (2007) desarrollaron un modelo basado en una matriz de ponderación para evaluar y seleccionar proveedores siguiendo el método científico aplicado a la investigación de operaciones. Sin embargo, las evaluaciones anteriores hacen uso solamente de factores cuantitativos ignorando características de tipo cualitativo.

El objetivo de este artículo es presentar un modelo multicriterio y multiatributos basado en la técnica TOPSIS, el cual integra atributos de tipo cualitativo y cuantitativo. TOPSIS utiliza el principio intuitivo de que la alternativa seleccionada deberá tener la menor distancia a una alternativa ideal, pero la mayor distancia a una alternativa anti-ideal (Yoon,1980) y (Hwang y Yoon,1981).

[1] Ing. Denisse Gabriela Rivera Mojica, Ingeniera Industrial, actualmente cursa la Maestría en Ingeniería Industrial de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. al107806@alumnos.uacj.mx
[2] M.I. Gabriel Isaac Siller es Profesor de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez en el Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura del Instituto de Ingeniería y Tecnología. Email: gsiller@uacj.mx
[3] Dr. Jorge Luis García Alcaráz es profesor de tiempo completo en Universidad Autónoma de Ciudad Juárez en el Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura del Instituto de Ingeniería y Tecnología. Email: jorge.garcia@uacj.mx

Materiales y Métodos

Para la aplicación de la técnica que se propone, se escogió una empresa de tipo comercial y de servicio esta posee una base de 3 proveedores. Se realizó una encuesta a nivel gerencial, a una muestra de n=68 ,cada cuestionario constó de una lista de 21 atributos, en el cual los encuestados asignaban a cada uno de los atributos en una escala Likert entre uno y nueve. Donde uno representa la importancia nula del atributo y nueve la importancia máxima. La información proporcionada por los encuestados fue capturada en Microsoft Excel donde se realizó un análisis factorial de todos los atributos por medio del método de análisis de componentes principales, tomándose en cuenta solo 6 de ellos ya que representan la mayor variabilidad de estos. Según García *et al.* (2008*)* el objetivo del análisis factorial es reducir el número de atributos en el modelo generado para que exista la parsimonia buscada en el mismo.

Los principales atributos que resultaron ser más importantes son: Costo del producto (CP); el cual es el precio que se ofrece el producto o servicio que se desea analizar. Costos de entrega (CE); con este criterio se miden todos los costos directos e indirectos que pueden ser atribuidos al sistema de entregas del proveedor, ya sea que los cargue él directamente o que sean imputados por otros medios. Recursos de los cuales dispone el proveedor (RE); se mide la cantidad de flotillas de entrega. Flexibilidad de las entregas (FE); Este criterio evalúa lo flexible, en lo que a las entregas se refiere, que puede ser el proveedor ante cualquier necesidad que se tenga con respecto al producto a evaluar. Calidad del producto (C); Mide la calidad del producto o servicios en estudio. Por último el servicio al cliente por parte de el proveedor (SC); Por medio de este criterio se mide los niveles de atención a los clientes que puede ofrecer el proveedor. Los primeros tres parámetros son de carácter cuantitativo (CP, CE, RE); sin embargo, para la determinación de los últimos cuatro se requiere de la experiencia y juicios de expertos, por lo que sus valores son subjetivos y esto permite generar un modelo que no sólo considera aspectos económicos en el análisis.

Como se había mencionado anteriormente se posee una base de tres proveedores del producto a comprar, los cuales serán las alternativas del modelo representadas por A^1, A^2, A^3.

Según Hwang y Yoon (1995) el concepto que es deseable que una alternativa determinada se ubique a la distancia más corta respecto de una solución ideal positiva y a la mayor distancia respecto a una solución ideal negativa. Una solución ideal se define como un conjunto de niveles (o puntuaciones) ideal respecto a todos los atributos considerados de un determinado problema, aun cuando la solución ideal usualmente sea imposible o no sea factible de obtener. En consecuencia, desde este punto de vista la racionalidad de la conducta humana consiste en ubicarse lo más cerca posible de tal solución ideal y en alejarse lo más posible de una solución anti ideal o ideal negativa.

TOPSIS define un índice llamado similaridad (o proximidad relativa) respecto a la solución ideal positiva combinando la proximidad a la solución ideal positiva y la lejanía respecto a la solución ideal negativa. Se selecciona aquella alternativa que se ubica lo más cerca posible a la máxima similaridad respecto a la solución ideal positiva.

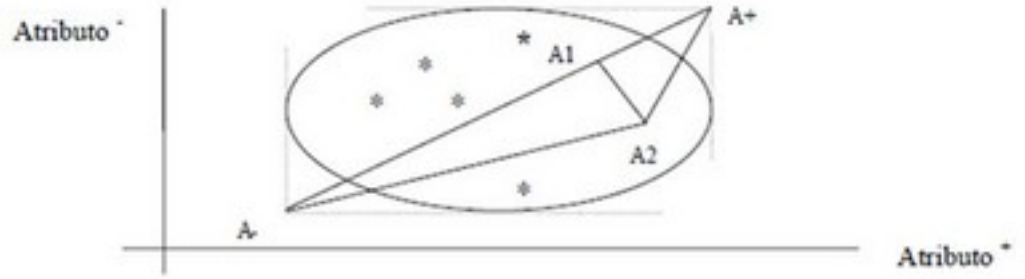


Fig.No.1 Método TOPSIS

En el gráfico (Hwang y Yoon, 1995) se consideran las posiciones de dos alternativas A_1 y A_2 respecto al ideal de un atributo de beneficio (A+) y al de un atributo de costo o desventaja (A-). Las distancias euclídeas al ideal positivo y al ideal negativo muestran que, en este espacio bidimensional, A_1 se encuentra más cerca de A+ y que A_2 está más lejos del anti-ideal A-. Debido a esta situación de ambigüedad es necesario determinar el índice de similaridad de las dos alternativas, valor mediante el cual se tiende a maximizar la distancia relativa al ideal negativo respecto a la suma de las distancias respecto al ideal positivo y al ideal negativo respectivamente.

Supóngase que J atributos objetivos y L atributos subjetivos se han identificado en relación con el problema de selección de proveedores. Los J atributos subjetivos son denotados por X1, X2,... XJ, y los L atributos subjetivos son denotados por X_{J+1}, X_{J+2},... X_{J+L} (Parkan y Wu, 1999).

Los valores de los atributos objetivos para el proceso de selección son generalmente proporcionados por el proveedor. En este trabajo se representan esos valores en una matriz de valores objetivos (VO), como se presenta en (1).

$$\boldsymbol{VO} = \begin{matrix} A^1 \\ A^2 \\ . \\ . \\ A^K \end{matrix} \begin{bmatrix} X^1_1 & X^1_2 & . & . & X^1_J \\ X^2_1 & X^2_2 & . & . & X^2_J \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ X^K_1 & X^K_2 & . & . & X^K_J \end{bmatrix} \quad (1)$$

donde:
X^K_J = valor del atributo
j= para los proveedores
k= para k= 1..... K y j = 1,.., J.

Los valores de los atributos subjetivos para la selección de los proveedores son obtenidos por calificaciones de expertos. Supóngase que Q Gerentes conocedores de proveedores son invitados a calificar las alternativas con respecto a cada uno de los atributos subjetivos, los cuales forman el grupo de decisión (GD). Parkan y Wu (1999) y Goh *et al*. (1996) proponen que los elementos del GD califiquen expresando su juicio sobre el atributo mediante un número entero entre uno y nueve, donde el uno representa la más baja calificación para un atributo y el nueve indica la mejor. Una matriz de valores subjetivos (VS) es construida por cada integrante del GD, tal como se indica en la matriz (2).

$$\boldsymbol{VS^Q} = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ . \\ . \\ A_K \end{matrix} \begin{bmatrix} X^{1Q}_{J+1} & X^{1Q}_{J+2} & . & . & X^{1Q}_{J+L} \\ X^{2Q}_{J+1} & X^{2Q}_{J+2} & . & . & X^{2Q}_{J+L} \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ X^{KQ}_{J+1} & X^{KQ}_{J+2} & . & . & X^{KQ}_{J+L} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Las Q matrices VSQ que proveen los integrantes del GD se suman término a término, generando una matriz total, en la cual se divide cada uno de sus elementos por el valor Q, obteniéndose de esta manera una media aritmética, la cual representa el juicio promedio. Se asume que los Q gerentes son racionales y lógicos en su juicio. Así la matriz de valores subjetivos total (VST), se determina mediante el arreglo matricial (3).

$$\boldsymbol{VST} = \sum_{Q=1}^{Q} VS^Q/Q = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ . \\ . \\ A_K \end{matrix} \begin{bmatrix} X^1{}_{J+1} & X^1{}_{J+2} & . & . & X^1{}_{J+L} \\ X^2{}_{J+1} & X^2{}_{J+2} & . & . & X^2{}_{J+L} \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ X^K{}_{J+1} & X^K{}_{J+2} & . & . & X^K{}_{J+L} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Donde:

$$X^k{}_{J+i} = \frac{\sum_{Q=1}^{Q} X^{kq}{}_{J+i}}{Q}$$

Para k=1,…..K,
i=,….L= calificación promedio de los Q expertos para los proveedores A^k con respecto al atributo subjetivo X_{J+i}.

Combinando la matriz de valores objetivos y la de valores subjetivos total, se construye la matriz de decisión final (MDF) para el problema del proceso de decisión que se está analizando, tal como se ilustra en la matriz (4).

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

$$\boldsymbol{MDF} = [VO, VST] = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ . \\ . \\ A_K \end{matrix} \begin{bmatrix} X^1{}_I & \dots & X^1{}_J & X^1{}_{J+I} & \dots & X^1{}_{J+L} \\ X^2{}_I & \dots & X^2{}_J & X^2{}_{J+I}. & \dots & X^2{}_{J+L} \\ . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . \\ X^K{}_I & \dots & X^K{}_J & X^K{}_{J+I}. & \dots & X^K{}_{J+L} \end{bmatrix} \quad (4)$$

En el proceso de selección por medio de TOPSIS, las alternativas A^k y atributos X_i se consideran como vectores en el espacio euclidiano y se definen por las ecuaciones (5) y (6). Esta técnica parte del supuesto que existe una alternativa mejor o peor a todas las demás; así, a la alternativa con las mejores y peores características nominales en los atributos se le llama alternativa ideal e anti-ideal, respectivamente, según ecuaciones (7) y (8).

$$A^k = \left(X^K{}_i \dots \dots X^K{}_{J+L}\right) \text{ para K= 1,2,…..K} \quad (5)$$

$$_{X_i} = \ (X^1{}_i \dots \dots X^K{}_i) \text{para i=1,2,……..J+L} \quad (6)$$

$$A^+ = \left(X^+{}_1, X^+_2 , \dots \dots X^+{}_{J+L}\right) \quad (7)$$

$$A^- = \left(X^-{}_1, X^-_2 , \dots \dots X^-{}_{J+L}\right) \quad (8)$$

La técnica TOPSIS puede ser resumida de la siguiente manera:
Normalizar cada vector X_i de los atributos que son sujetos a evaluación y convertir a TX_i con la ecuación (9).

$$TX_i = X_i \left\| X_i \right\| = (X_i^1 \left\| X_i \right\|, \dots\dots x_i^k \left\| X_i \right\|) \quad (9)$$

Donde $\left\| X_i \right\|$ representa la norma euclidiana del vector (magnitud del vector); asi, todos los criterios estarán sin dimensión alguna y se podrán realizar comparaciones entre alternativas; la norma de un vector está dada por la ecuación 10.

$$\left\| X_i \right\| = \sqrt{\sum_{x=1}^{n} x_i^2} \quad (10)$$

Una vez que los vectores de los criterios se han transformado en vectores unitarios al normalizarse, entonces cada una de las valoraciones de las alternativas de solución y alternativas ideal y anti-ideal estarán con coordenadas menores a la unidad. Una forma de normalizar los vectores de las alternativas de manera directa es usando las ecuaciones (11),(12) y (13).

$$TA^K = (t^K, \dots \dots \ t_n^k) = (X_1^k / \left\| X_1 \right\|, \dots \dots \ x_n^k / \left\| X_n \right\|) \quad (11)$$

$$TA^+ = (t^+, \dots \dots \ t_n^+) = (X_1^+ / \left\| X_1 \right\|, \dots \dots \ x_n^+ / \left\| X_n \right\|) \quad (12)$$

$$TA^- = (t^-, \dots \dots \ t_n^-) = (X_1^- / \left\| X_1 \right\|, \dots \dots \ x_n^- / \left\| X_n \right\|) \quad (13)$$

La finalidad de realizar la normalización de atributos es efectuar cálculos con valores adimensionales, y aquellos que se encuentran en la MDF pueden estar expresado en unidades o escalas diferentes.
Calcular con las ecuaciones (14) y (15) las distancias que existen entre puntos representados por cada alternativa con los puntos de la alternativa ideal y anti-ideal.

$$q(A^k, A^+) = \left\| (w^* TA^K - TA^+) \right\| = \sqrt{\sum_{n=1}^{N} w_1^* (t_n^k - t_n^+)^2} \quad (14)$$

$$q(A^k, A^-) = \left\| (w^* TA^K - TA^-) \right\| = \sqrt{\sum_{n=1}^{N} w^* (t_n^k - t_n^-)^2} \quad (15)$$

Donde w representa la ponderación o importancia que los elementos del GD han proporcionado al atributo en evaluación.

Las calificaciones obtenidas por cada uno de los atributos son promediados según la ecuación (16). El peso o ponderación (w) asignado a cada atributo es el promedio de dicho atributo entre la suma total de los promedios, de acuerdo con la ecuación (17); de esta manera la suma de las ponderaciones asignadas al conjunto de atributos es igual a la unidad, como lo indica la ecuación (18).

$$\bar{O}_i=\frac{\sum_{R=1}^{q} O_{iR}}{q} \text{ Para i=1,2….J+L} \quad (16)$$

$$w_i=\frac{\bar{O}_i}{\sum_{i=1}^{J+L} \bar{O}_i} \text{ Para i=1,2…. J+L} \quad (17)$$

$$\sum_{i=1}^{J+L} w_i = 1 \quad \text{Para i=12…..J+L} \quad (18)$$

Donde:
O_{iR}=juicio emitido por el experto R para el atributo i
$\bar{O}_i$=promedio de las asignaciones obtenida por el atributo i
w_i=ponderación para el atributo i
q=número de expertos que emiten su juicio.

Finalmente, ordenar las alternativas de acuerdo a la cercanía y lejanía de puntos de las alternativas a los puntos de la solución ideal o anti-ideal, que están dadas por la ecuación (19). El criterio de selección que se usa en TOPSIS consiste en elegir la alternativa que contenga el menor valor RC (A^k, A^+).

$$\text{RC } (A^k, A^{k+})=\frac{q(A^k,A^+)}{q(A^k,A^+)+q(A^k,A^-)} \quad (19)$$

Resultados y Discusión

En esta sección se presentan y discuten los resultados para la selección de proveedores de una organización, y a fin de elegir la mejor opción se propone el modelo descrito en la metodología el cual integra atributos cuantitativos y cualitativos . Para la realización del análisis, primero se estimó la matriz de valores objetivos (VO), (Tabla 1).

Alternativas	Atributos objetivos		
	CP	CE	RE
A^1	16650	450	5
A^2	22350	700	5
A^3	12200	250	2
A^+	12200	250	5
A^-	22350	700	2

Tabla 1. Matriz de valores objetivos

Para la determinación de valores que alcanzan los atributos subjetivos, se solicitó a tres gerentes que emitieran sus juicios en escala Likert de 1-9, donde uno representa nula presencia del atributo en la alternativa evaluada y 9 la excelencia en el mismo. Los gerentes emitieron sus juicios sobre cada atributo y alternativa, los cuales fueron promediados para incorporarlos en el análisis, tal como se indica en la matriz (2) Y (3). En la Tabla 2 muestra los valores promedio de los atributos subjetivos.

La matriz de decisión final se generó mediante las matrices de valores objetivos y subjetivos, la cual fue obtenida a través de la matriz (4) y se muestra en la tabla 3, mientras que la normalización aparece en la Tabla 4 realizadas por medio de las ecuaciones (11), (12) y (13).

Para la determinación de las ponderaciones asignadas a cada uno de los atributos, se solicitó a integrantes del GD que emitieran su juicio de acuerdo al procedimiento en el Cuadro 5, los promedios se obtuvieron mediante lo expuesto anteriormente. Los valores emitidos se ilustran ecuación (16), las ponderaciones mediante la ecuación (17) y éstos últimos cumplen la condición establecida en la ecuación (18).

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

Alternativas	Atributos subjetivos		
	FE	C	SC
A^1	8.5	8.5	7.5
A^2	8.0	8.9	7.0
A^3	8.4	7.1	6.0
A^+	8.5	8.9	7.5
A^-	8.0	7.1	6.0

Tabla 2. Matriz de valores subjetivos

Alternativas	Atributos					
	CP	CE	RE	FE	C	SC
A^1	16650	450	5	8.5	8.5	7.5
A^2	22350	700	5	8	8.9	7
A^3	12200	250	2	8.4	7.1	6
A^+	12200	250	5	8.5	8.9	7.5
A^-	22350	700	2	8	7.1	6

Tabla 3.Matriz de decisión final

Al aplicar la metodología TOPSIS descrita anteriormente, se obtuvieron los datos del Cuadro 6. Las distancias a la alternativa ideal y anti ideal aparecen en la segunda y tercera columna, de izquierda a derecha, respectivamente, como se puede observar en el Cuadro 6, las distancias fueron calculadas por la ecuación (14) y (15). El índice de decisión empleado en TOPSIS, RC, aparece en la cuarta columna y fue estimado de acuerdo a la ecuación (19).

Alternativas	Atributos					
	CP	CE	RE	FE	C	SC
A^1	0.5472756	0.5178918	0.68041382	0.5910622	0.5982505	0.6310547
A^2	0.73463121	0.8056095	0.68041382	0.5562938	0.6264034	0.5889844
A^3	0.40100674	0.2877177	0.27216553	0.5841085	0.4997151	0.5048438
A^+	0.40100674	0.2877177	0.68041382	0.5910622	0.6264034	0.6310547
A^-	0.73463121	0.8056095	0.27216553	0.5562938	0.4997151	0.5048438

Tabla 4.Normalización de los atributos

Experto	Atributos					
	CP	CE	RE	FE	C	SC
e_1	9	7	4	8	9	9
e_2	9	8	6	7	8	4
e_3	9	7	7	8	7	8
$\bar{O}_i$	9	7.3333	5.6667	7.6667	8	7
w_i	0.2015	0.1642	0.1269	0.1716	0.1791	0.1567

Tabla 5.Ponderacion de los criterios

En la Tabla 6 se puede observar que la mejor alternativa propuesta por el modelo es la alternativa 3 ya que 0.35577309 < 0.364193829 < 0.651940657

Alternativas	$q(A^i, A^+)$	$q(A^i, A^-)$	RC (A^i, A^+)
A¹	0.048188135	0.08412639	0.364193829
A2	0.108754704	0.05806217	0.651940657
A3	0.059916491	0.1084956	0.35577309

Tabla 6.Distancias a A+ y A-

Conclusión

Al aplicar la metodología TOPSIS en esta investigación se pudo comprobar que es de gran utilidad para las selección de proveedores ya que integra en su evaluación variables cuantitativas y cualitativas, en modelo fue considerado apto por el grupo de decisión que lo empleo y en el estudio realizado la alternativa propuesta por el modelo fue aceptada y considerada la mejor.

Bibliografía

Álvarez, Y. y Calandro, G. *Sistema de apoyo para la selección de proveedores.* Trabajo especial de grado Ingeniería de Sistemas, Universidad Metropolitana, Caracas, Venezuela. 2005.
García, J. L.; Noriega, S.; Díaz, J. J.; Rodríguez, M. y Piña, M. Modelo multicriterio para la justificación de inversiones en robots. *Rev. CULCyT.* 2(7):25-34. 2005ª.
García, J. L.; Noriega, S.; Díaz, J. J y Sánchez, J. "Evaluación y justificación de robots: una metodología multicriterio". *Rev. Aportes.* 10(30):123-134. 2005b.
Garcia, J.L.;Noriega,S. "Evaluacion multicriterio y multiatributos de tractores agrícolas: un modelo y caso de estudio". *Agricultura Técnica en México*, Vol. 34, Núm. 4, pp. 397-405. 2008.
Goh, C.; Chin, Y.; Tung, A. and Chen, C. "A revised weighted sum decision model for robot selection". *Computers Industrial Engineering.* 30(2):193-199. 1996.
Hernández, R., José, G. y García, M. J. "Matrices de ponderación para la evaluación de proveedores"; *IV Congreso Internacional de Ingeniería de Sistemas – ICSE PERÚ*; Universidad César Vallejo; Trujillo Perú; (Arbitrado)**.** Publicado en CD del evento. 2007.
Hurtado,T. *Proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones de la selección de proveedores.* Tesis Doctoral. Lima, Perú, 2005.
Hwang,C.and Yoon, K. *Multiple attribute Decision ,Marking Methods and Applications, A State-of-the Art Survey*. Springer-Verlag.Berlin,Germany. 1981.
Parkan, C. and Wu, L. "Decision-making and performance measurement models with applications to robot selection". *Computers & Industrial Engineering.* 36(3):503-523. 1999.
Russel, N. P., Milligan, R. A. and LaDue, E. L. "A stochastic simulation model forevaluating forage machinery performance". *Agricultural Systems*. 10(1):39-63. 1983.
Sarache, W., Hoyos, C. and Burbano, J. "Procedimiento para la evaluación de proveedores mediante técnicas Multicriterio". *Scientia et Technica* Año X, No 24, 2004.
Yoon, K. S*ystems Selection by Multiple Attribute Decision.*Tesis Doctoral. Kansas. 1980.
Yoon, K. P. y Hwang C. *Multiple attribute decision making*, Sage university paper. 1995.

Fichas Biográficas

La **Ing. Denisse Gabriela Rivera Mojica,** es Ingeniero Industrial por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez y actualmente cursa la Maestría en Ingeniería Industrial en la misma institución. Su trabajo de tesis de posgrado versa sobre el proceso de selección de proveedores y su importancia en la cadena de suministro.

El **M.I. Gabriel Isaac Siller Orozco** es Profesor de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez en el Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura del Instituto de Ingeniería y Tecnología. Actualmente cursa el doctorado en ciencias en administración por parte de la Universidad Nacional Autónoma de México. Su trabajo de investigación comprende los entornos o condiciones de trabajo en que se integran las tecnologías avanzadas para la manufactura y los operarios.

El **Dr. Jorge Luis García Alcaraz,** es Ingeniero Industrial y Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial por el Instituto Tecnológico de Colima y Doctor en Ciencias en Ingeniería Industrial por el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez. Sus líneas de investigación son la teoría de decisión multicriterio y multiatributos, estadística multivariada y análisis estadístico de problemas sociales. El resultado de sus investigaciones se han publicado en el International Journal of Industrial Engineering –Theory, Applications and Practices -, Revista Contaduría y Administración, Revista Agricultura Técnica en México, Revista Agricultura Costarricense, entre otras. Cuenta con más de 50 ponencias en congresos y conferencias internacionales, es Candidato al Sistema Nacional de Investigadores de CONACYT y pertenece al Registro Conacyt de Evaluadores Acreditados (RCEA). Actualmente se desempeña como profesor investigador en el Instituto de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, donde imparte cátedra en la Maestría en Ingeniería Industrial, Doctorado en Ciencias en Ingeniería, donde es líder del cuerpo académico de Planeación Tecnológica y Diseño Ergonómico, mismo que está consolidado y es Líder del Núcleo Académico Básico del Doctorado en Ciencias en Ingeniería. Además colabora con la Universidad Nacional Autónoma de México en el Doctorado en Ciencias de la Administración, el CIATEC en el Posgrado Interinstitucional en Ciencia y Tecnología.

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

Evaluación Multicriterio y Multiatributo Para Selección y Priorización De Proyectos Mediante Técnica TOPSIS

Lizeth Rivera Mojica[1], Jorge Luis Garcia Alcaraz[2]

Resumen-Las organizaciones se enfrentan al problema de decidir cómo invertir sus recursos en las distintas alternativas de proyectos basándose no solo en modelos económicos. El objetivo de esta investigación es presentar un modelo multicriterio y multiatributo para priorización de proyectos considerando atributos cualitativos y cuantitativos. Se hace uso de métodos y herramientas tales como: el Cuadro de Mando Integral y la técnica TOPSIS. Este modelo fue validado mediante un caso de estudio en una planta de componentes electrónicos, y fue considerado como eficiente por el grupo de decisión que lo utilizó.

Palabras clave-TOPSIS, priorización, proyectos, atributos, eficiente.

Introducción

El proceso de selección de proyectos en general es un proceso de selección muy complejo afectado por múltiples factores. Los proyectos deben ser evaluados como inversiones teniendo como objetivo analizar la capacidad del proyecto de maximizar el valor de la organización (Kendrick *et. al*., 2007).

Como evidentemente en la mayoría de las organizaciones no se pueden iniciar todos los proyectos, una de las vías para aprobar el inicio del proyecto sería determinar las posibilidades de éxito que este tendrá y su posible impacto. La evaluación de proyectos consiste en la recopilación de información pertinente con el fin de facilitar el proceso de selección de proyectos y determinar el valor de cada proyecto (Kendall *et. al*., 2003).

Los métodos de selección de proyectos se usan para determinar qué proyecto seleccionará la organización. Generalmente, estos métodos se dividen en dos grandes categorías (Fernández, *et. al*.,2008):

- Métodos de medición de beneficios, que son enfoques comparativos, modelos de calificación, contribución de beneficios o modelos económicos.
- Modelos matemáticos que usan algoritmos de programación lineal, no lineal, dinámica, entera o de múltiples objetivos.

Dentro de las técnicas de medidas de beneficio se encuentran los métodos basados en pesos y ordenación. En los años setenta-ochenta del siglo XX las organizaciones comenzaron a presentar, para seleccionar proyectos, modelos alternativos que no tuviesen una formulación muy complicada, pero que incorporasen aspectos no cuantificables económicamente. Todo ello dio lugar al desarrollo del tercer tipo de métodos existentes dentro del primer bloque de técnicas de medidas de "beneficio": los métodos basados en pesos y ranking (Fernández *et. al*., 2008). Dentro de estas técnicas se encuentran (AHP, analytic hierarchy process, por sus siglas en inglés), MAUT, entre otras.

Estos modelos han sido ampliamente utilizada en una gran variedad de problemas y, en particular, en el campo de la selección de proyectos, donde podemos encontrar artículos como los de Lockett *et al.* (1986), Liberatore (1987) y Schniederjans y Wilson (1991), quienes presentan diferentes aplicaciones de esta técnica para seleccionar proyectos en el campo de la industria.

El problema de la evaluación y selección de proyectos de la planta de componentes electrónicos es un problema de decisión multicriterio donde se obtuvieron valores tanto cualitativos como cuantitativos. Entre los diversos métodos compensatorios de la Toma de Decisión Multicriterio, es posible considerar un subgrupo que incluye aspectos de costes y beneficios. Uno de ellos es el método TOPSIS (Technique for Order Performance by Similaritiy to Ideal Solution) Técnica para ordenar las preferencias mediante similitud a la solución ideal. Esta aproximación se utiliza por cuatro razones principales (Wang y Chang, 2007):

a. La lógica aplicada en TOPSIS es racional y comprensible;
b. Los procesos de computación son sencillos
c. El concepto permite la búsqueda de las mejores alternativas para cada criterio mostrándose en una forma matemática simple.

[1] Ing. Lizeth Rivera Mojica es estudiante de la Maestría en Ingeniería Industrial de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. al107807@alumnos.uacj.mx **(autor corresponsal).**
[2]Dr. Jorge Luis García Alcaraz. Doctor en Ciencias de la Ingeniería Industrial, Líder del Cuerpo Académico de Ergonomía de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI). jorge.garcia@uacj.mx

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

d. La importancia de los pesos se incorporan en los procesos de comparación

Se concluye que la selección de proyectos es una tarea compleja, que requiere para su resolución modelos que se ajusten a las necesidades del problema y que permitan una correcta toma de decisiones en el campo de la selección y planificación temporal de los proyectos.

El objetivo de este artículo es presentar un modelo multicriterio y multiatributo basado en la técnica de TOPSIS, la cual es sencilla de aplicar y permite la integración de factores cualitativos y cuantitativos en la evaluación. Se desarrollo un caso de estudio para la selección de proyectos industriales en una planta de componentes electrónicos.

Materiales y Métodos

El modelo consiste en tres procesos fundamentales: identificación de alternativas, selección de criterios y evaluación de alternativas. Se integran además dentro del modelo el cuadro de mando integral, y técnica TOPSIS. Como paso previo a la aplicación se deben haber identificado un conjunto de proyectos candidato.

Identificación de alternativas

Los gerentes de departamento de la planta identificaron los proyectos candidato, los cuales se representan por P1, P2, P3, P4 y P5.

P1: En este caso el proveedor de tablillas es de Estados Unidos y se desea cambiar a un proveedor de China ya que el precio de una tablilla comprada a este proveedor es menor.

P2: Cambiar un método de inspección, realizado actualmente por operadores, a un sistema de visión.

P3: Automatizar la inserción de un cable en una parte de plástico y corregir un problema de ergonomía.

P4: Se compran partes moldeadas (inyección de plástico) pero se tiene disponible una maquina de moldeo en la planta por lo que se decide traer el molde y moldearla localmente.

P5: En este caso el plan es hacer un análisis de los inventarios y en base a eso generar un plan para reducirlo.

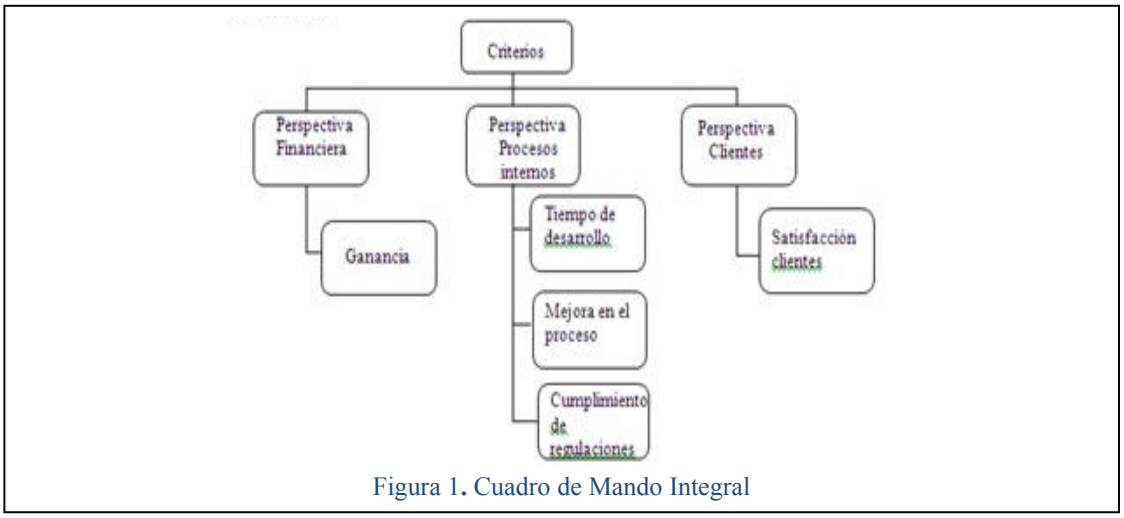


Figura 1. Cuadro de Mando Integral

Selección de criterios

Kaplan y Norton (2001) presentan un marco de trabajo para medir la efectividad de una organización a través del cuadro de mando integral, un modelo que integra cuatro perspectivas: financiera, clientes, procesos internos, y aprendizaje y crecimiento.

En el presente trabajo se propone la utilización del cuadro de mando integral (Figura 1) como herramienta para determinar el alineamiento de los proyectos con la estrategia de la organización basada en sus perspectivas.

El número de atributos en el modelo generado es reducido para que exista parsimonia en el mismo (García et. al.,2008). Para este modelo se genero una lista con 6 atributos; para validar la lista se recurrió a 5 expertos de la planta en el área de calidad, compras, producción, manufactura y six sigma.

Los atributos que resultaron ser más importantes son: Estimado de ahorros (EA), tiempo de desarrollo (TD), impacto en calidad (IC), cumplimiento de regulaciones (CR),impacto en tiempo de entrega a

cliente (IE) y grado de complejidad (C). Los dos primeros parámetros son de carácter cuantitativo (EA y TD); sin embargo, para la determinación de los parámetros de carácter cualitativo, como menciona García *et. al.* (2008), se requiere de la experiencia y juicios de expertos, por lo que sus valores son subjetivos y esto permite generar un modelo que no sólo considera aspectos económicos en el análisis.

Evaluación

La evaluación de las alternativas se realiza por medio de TOPSIS. El método TOPSIS es un modelo de decisión propuesto para ordenar preferencias por similitud a una solución ideal, es por tanto un método de ranking (Hwang y Yoon, 1981). TOPSIS es un método de decisión multicriterio de ordenación para identificar las soluciones de un conjunto finito de alternativas. El principio básico es que la alternativa elegida debe tener la menor distancia a la solución ideal positiva y la mayor distancia a la solución ideal negativa (Zeleny, 1982).

En el proceso de selección por medio de TOPSIS, las alternativas A^k y atributos X_i se consideran como vectores en el espacio euclidiano y se definen por las ecuaciones (1) y (2). Esta técnica parte del supuesto que existe una alternativa mejor o peor a todas las demás; así, a la alternativa con las mejores y peores características nominales en los atributos se le llama alternativa ideal e anti-ideal, respectivamente, según ecuaciones (3) y (4).

$$A^k = \left(X^K{}_i \dots \dots X^K{}_{J+L}\right) \text{ para K= 1,2,.....K} \quad (1)$$

$$_{X_i} = \ (X^1{}_i \dots \dots X^K{}_i) \text{para i=1,2,.....J+L} \quad (2)$$

$$A^+ = \left(X^+{}_1, X^+_2 , \dots \dots X^+{}_{J+L}\right) \quad (3)$$

$$A^- = \left(X^-{}_1, X^-_2 , \dots \dots X^-{}_{J+L}\right) \quad (4)$$

La técnica TOPSIS puede ser resumida de la siguiente manera:

Normalizar cada vector X_i de los atributos que son sujetos a evaluación y convertir a TX_i con la ecuación (5).

$$TX_i = X_i \left\| X_i \right\| = (X_i^1 \left\| X_i \right\|, \dots\dots x_i^k \left\| X_i \right\|) \quad (5)$$

Donde $\left\| X_i \right\|$ representa la norma euclidiana del vector (magnitud del vector); así, todos los criterios estarán sin dimensión alguna y se podrán realizar comparaciones entre alternativas; la norma de un vector está dada por la ecuación (6).

$$\left\| X_i \right\| = \sqrt{\sum_{x=1}^{n} x_i^2} \quad (6)$$

Una vez que los vectores de los criterios se han transformado en vectores unitarios al normalizarse, entonces cada una de las valoraciones de las alternativas de solución y alternativas ideal y anti-ideal estarán con coordenadas menores a la unidad. Una forma de normalizar los vectores de las alternativas de manera directa es usando las ecuaciones (7), (8) y (9).

$$TA^K = (t^K, \dots \dots \ t_n^k) = (X_1^k / \left\| X_1 \right\|, \dots \dots \ x_n^k / \left\| X_n \right\|) \quad (7)$$

$$TA^+ = (t^+, \dots \dots \ t_n^+) = (X_1^+ / \left\| X_1 \right\|, \dots \dots \ x_n^+ / \left\| X_n \right\|) \quad (8)$$

$$TA^- = (t^-, \dots \dots \ t_n^-) = (X_1^- / \left\| X_1 \right\|, \dots \dots \ x_n^- / \left\| X_n \right\|) \quad (9)$$

La finalidad de realizar la normalización de atributos es efectuar cálculos con valores adimensionales, y aquellos que se encuentran en la MDF pueden estar expresado en unidades o escalas diferentes.

Calcular con las ecuaciones (10) y (11) las distancias que existen entre puntos representados por cada

alternativa con los puntos de la alternativa ideal y anti-ideal.

$$q(A^k, A^+) = \left\| (w^* TA^K - TA^+) \right\| = \sqrt{\sum_{n=1}^{N} w_1^* (t_n^k - t_n^+)^2} \quad (10)$$

$$q(A^k, A^-) = \left\| (w^* TA^K - TA^-) \right\| = \sqrt{\sum_{n=1}^{N} w^* (t_n^k - t_n^-)^2} \quad (11)$$

Donde *w* representa la ponderación o importancia que los elementos del GD han proporcionado al atributo en evaluación.

Las calificaciones obtenidas por cada uno de los atributos son promediados según la ecuación (12). El peso o ponderación (*w*) asignado a cada atributo es el promedio de dicho atributo entre la suma total de los promedios, de acuerdo con la ecuación (13); de esta manera la suma de las ponderaciones asignadas al conjunto de atributos es igual a la unidad, como lo indica la ecuación (14).

$$\bar{O}_i = \frac{\sum_{R=1}^{q} O_{iR}}{q} \quad \text{Para i=1,2….J+L} \quad (12)$$

$$w_i = \frac{\bar{O}_i}{\sum_{i=1}^{J+L} \bar{O}_i} \quad \text{Para i=1,2…. J+L} \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^{J+L} w_i = 1 \quad \text{Para i=12…..J+L} \quad (14)$$

Dónde:
O_{iR}=juicio emitido por el experto R para el atributo i
$\bar{O}_i$=promedio de las asignaciones obtenida por el atributo i
w_i=ponderación para el atributo i
q=numero de expertos que emiten su juicio.

Finalmente, ordenar las alternativas de acuerdo a la cercanía y lejanía de puntos de las alternativas a los puntos de la solución ideal o anti-ideal, que están dadas por la ecuación (15). El criterio de selección que se usa en TOPSIS consiste en elegir la alternativa que contenga el menor valor RC (A^k, A^+).

$$RC(A^k, A^{k+}) = \frac{q(A^k, A^+)}{q(A^k, A^+) + q(A^k, A^-)} \quad (15)$$

Resultados y Discusión

En esta sección se presentan y discuten los resultados de un caso de selección y priorización de proyectos realizado en una planta de componentes electrónicos. Donde se tiene definido un conjunto definido de proyectos, pero no se cuenta con un método para su priorización que no se base solo en modelo económico. Por este motivo se procede aplicar el modelo descrito en la metodología, el cual integra atributos cuantitativos y atributos cualitativos.

Para la determinación de valores que alcanzan los atributos subjetivos, se solicito a 5 expertos los cuales forman el grupo de decisión (GD) a calificar. Parkan y Wu (1999) proponen que los elementos del GD califiquen expresando su juicio sobre el atributo mediante un número entero entre uno y nueve, donde el uno representa la más baja calificación para un atributo y el nueve indica la mejor. Estos valores se promediaron para incorporarlos en el análisis.

Para la realización del análisis, primero se estimó la matriz de decisión final que se generó mediante las matrices de valores objetivos y subjetivos, que está representada en el Cuadro 1.

Para la obtención de la ponderación de los criterios se solicitó a los expertos que conforman el GD que emitieran su juicio en una escala de 1 a 9 sobre la importancia que tiene cada criterio en la evaluación, donde el 1 representa nula importancia del criterio y el 9 una importancia extrema. El cuadro 3 muestra los juicios emitidos por los expertos sobre la importancia de los criterios; las ponderaciones de los mismos que se realizó por medio de la ecuación (13), están basados en una normalización escalar, en la que se suman los promedios emitidos por los expertos obtenidos mediante la ecuación(12) y este factor es el denominador para dichos promedios; la suma es la unidad, ilustrada en la ecuación (14).

Alternativas	Atributos					
	EA	**TD**	**IC**	**CR**	**IE**	**C**
P1	41,000	2	3.4	1	8.2	8.4
P2	42,600	3	8.2	1	3.8	8.6
P3	44,300	5	2.8	9	1	8.2
P4	41,900	1	1.2	1	1	8.8
P5	37,800	3	1.2	1	1	5
P+	44,300	1	8.2	9	8.2	5
P-	37,800	5	1.2	1	1	8.8

Cuadro 1. Matriz de Decisión Final

La normalización aparece en el Cuadro 2 y se realizo por medio de las ecuaciones (7), (8) y (9).

Alternativas	Atributos					
	EA	**TD**	**IC**	**CR**	**IE**	**C**
P1	0.4410	0.2887	0.3594	0.1133	0.8911	0.4739
P2	0.4582	0.4330	0.8667	0.1133	0.4129	0.4852
P3	0.4765	0.7217	0.2959	0.9740	0.1087	0.4626
P4	0.4507	0.1443	0.1268	0.1133	0.1087	0.4965
P5	0.4066	0.4330	0.1268	0.1133	0.1087	0.2821
P+	0.4765	0.1443	0.8667	0.9740	0.8911	0.2821
P-	0.4066	0.7217	0.1268	0.1133	0.1087	0.4965

Cuadro 2. Normalización de los atributos

Experto	Atributo					
	EA	**TD**	**IC**	**CR**	**IE**	**C**
E1	9	8	8	5	4	6
E2	9	6	9	6	4	5
E3	7	6	7	4	5	6
E4	8	7	8	5	3	4
E5	8	6	8	4	4	4
$\bar{O}_i$	8.2	6.6	8	4.8	4	5
w_i	0.2240	0.1803	0.2186	0.1311	0.1093	0.1366

Cuadro 3. Ponderación de los criterios

Los datos del Cuadro 4 se obtuvieron al aplicar la metodología TOPSIS. Las distancias a la alternativa ideal y anti-ideal fueron calculadas por la ecuación (10) y (11). El índice de decisión RC fue estimado de acuerdo a la ecuación (15).

Finalmente el cuadro 4 muestra el orden de prioridad de los proyectos de acuerdo al criterio RC que considera ambas distancias.

Conclusiones

La propuesta de modelo generado por la técnica TOPSIS fue considerado como aceptable por GD que lo utilizó. Sin embargo, al añadir nuevas alternativas al modelo se presenta un problema de inversión del orden, aunque no muy graves. Por lo que se tendrá que hacer algunas modificaciones al método de Topsis original. En algunos casos el decisor tuvo problemas en definir la importancia de los criterios alternativas con respecto a cada criterio en términos numéricos por lo que sería aconsejable realizar el modelo mediante variables lingüísticas.

Alternativa	$q(A^*, A^+)$	$q(A^*, A^-)$	$RC(A^*, A^{*+})$		ORDEN
P1	0.162686598	0.1267333	0.5621126		[2]
P2	0.137732699	0.1735028	0.4425354		[1]
P3	0.18526312	0.1199006	0.6070942		[3]
P4	0.217020058	0.1045802	0.6748132		[4]
P5	0.221724542	0.059729	0.7877838		[5]

Cuadro 4. Distancias A+ y A-

Referencias bibliográficas

Fernández, A., Gómez, T., Guerrero, F. M. y Fernández, C. "Evaluación y clasificación de las técnicas utilizadas las organizaciones, en las últimas décadas, para seleccionar proyectos", *Revista de métodos cuantitativos para la economía y la empresa*, 5: 67-115. 2008.

García, J. L.; Noriega, S.A. "Evaluación multicriterio y multiatributo de tractores agrícolas: un modelo y caso de estudio", *Agricultura Técnica en México*, 34(4): 397-405. 2008.

Hwang, C.L and Yoon, K. *Multiple Attribute Decision Methods and Applications*, Springer, Berlin Heidelberg. 1981.

Kaplan R.S. and Norton D.P. *Cómo utilizar el cuadro de mando integral para implantar y gestionar su estrategia.* 2° Edición, Barcelona, España. 2001.

Kendall, G.I. and Rollins, S.C. *Advanced Project Portfolio Management and the PMO: Multiplying ROI at Warp Speed*. International Institute for Learning. 2003.

Kendrick, J.D. and Saaty, T. *Use Analytic Hierarchy Process For Project Selection*. Sage Publications. Pittsburg, PA, USA. 2007.

Liberatore, M.J. "An extension of the analytic hierarchy process for industrial R&D project selection and resource allocation", *IEEE Transactions on Engineering Management*, 34, 4, 12-18. 1987.

Lockett, G., Hetherington, B. y Yallup, P. "Modeling a research portfolio using AHP: a group decision process", *R&D Management*, 16, 2, 151-160. 1986.

Mieres, R.G. *El cuadro de mando integral y la dirección integrada de proyectos: su integración en el proceso de dirección estratégica de la Misión de la UCI en Venezuela.* Cuba: Universidad de la Habana. 2008.

Parkan, C. and Wu, L. "Decision-making and performance measurement models with applications to robot selection". *Computers & Industrial Engineering*.36(3):503-523. 1999.

Russel, N. P., Milligan, R. A. and LaDue, E. L. "A stochastic simulation model for evaluating forage machinery performance". *Agricultural Systems.* 10(1):39-63. 1983.1981.

Schniederjans, M.J. y Wilson, R.L. "Using the analytic hierarchy process and goal programming for information system project selection", *Information & Management*, 20, 5,333-342. 1991.

Wang T.C., Chang T.H. "Application of TOPSIS in evaluating initial training aircraft under a fuzzy environment", *Expert Systems with Applications*, 33(4): 870. 2007.

Zeleny, M. *Multiple Criteria Decision Making*. McGraw-Hill, New York. 1982.

Notas Biográficas

La **Ing. Lizeth Rivera Mojica** estudió la carrera de ingeniería industrial en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Actualmente estudia el segundo semestre de la Maestría en Ingeniería Industrial en la misma institución. Su línea de investigación está relacionada con la evaluación y desarrollo de proyectos industriales.

Ing. **Denisse Gabriela Rivera Mojica** estudió la carrera de ingeniería industrial en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Actualmente estudia el segundo semestre de la Maestría en Ingeniería Industrial en la misma institución. Su línea de investigación está relacionada con la evaluación y selección de tecnologías avanzadas para la manufactura.

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

Determinación de los Parámetros Óptimos Para el Proceso de Confitado de Manzana Mediante un DOE 2^3

José Luis Rodríguez Álvarez[1]
Gerardo Grijalva Avila[1]
Sara Angélica Rodríguez Álvarez[2]
Manuel Román Piña Monarrez[3]

Resumen—El presente trabajo fue realizado como parte de las primeras pruebas para la obtención de un producto confitado a base de manzana con fines de comercialización en presentación natural y enchilado. A través de dos diseños de experimentos 2^2, se determinaron los niveles de operación del proceso de su elaboración, mismos que garanticen las propiedades organolépticas finales del producto con la finalidad de lograr la aceptación del consumidor. Los resultados muestran que tanto el tiempo de secado como el de inmersión tienen efecto significativo sobre el sabor y la textura para las coberturas natural y enchilada.

Palabras Clave—Diseño de Experimentos, Superficies de Respuestas, Confitado de Manzana.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente el cultivo del manzano se ha extendido por todo el mundo, lo que ha propiciado un gran número de variedades con diferentes características y necesidades climáticas *(Scorza, 1995)*.

La zona productora de manzano se ubica en los municipios de Canatlán, Nuevo Ideal y Santiago Papasquiaro, en la parte central del Estado de Durango. A nivel nacional ocupa el segundo lugar en producción de manzana, con una superficie establecida de 13,358 ha. y con una producción anual que ha llegado a 4.5 millones de rejas en años de mayor producción. *(SAGARPA, Durango et., al 2009)*.

El secado o desecación, es uno de los procesos más antiguos de preservación de alimentos. En los alimentos deshidratados, debido a la mínima cantidad de agua, los microorganismos no pueden proliferar y quedan detenidas la mayoría de las reacciones químicas y enzimáticas de alteración.

Los métodos modernos de deshidratación, buscan otros fines que la simple preservación: en alimentos, la reducción de peso y algunas veces de volumen, la comodidad del empleo también es una característica muy buscada. [1]

Cuando se realizan modificaciones al interior de los procesos con el objeto de cumplir con una característica de calidad, generalmente las pruebas previas a la definición de niveles de parámetros son realizadas a prueba y error. En contraste, en diseño de experimentos (DOE) a través de los diseños factoriales, se analizan todas las posibles combinaciones entre los factores (Box, et. al 1987). En el presente trabajo se muestra la aplicación del DOE como herramienta para determinar los niveles óptimos para el confitado de manzana que garantice que las propiedades organolépticas finales del producto tengan la aceptación del consumidor.

2. METODOLOGÍA

La selección de la materia prima para el proceso de deshidratación se basa en el estado de madurez e integridad del fruto. Este último aspecto, se refiere a la ausencia de golpes que puede adquirir en su traslado al

área de transformación. Sucesivo a esto, el fruto se prepara para el secado mediante una serie de operaciones preliminares; las cuales incluye el lavado, descorazonado, mondado, troceado y finalmente la deshidratación osmótica por medio de la adición de solutos (sacarosa).

La deshidratación osmótica consiste en un proceso de eliminación del agua contenida en el interior de sólidos celulares, mediante su inmersión en una disolución acuosa concentrada (Jarabe o Salmuera). El contenido en humedad que se consigue con este sistema no es tan bajo como para que el producto final pueda ser considerado comercialmente estable. Por tanto, un producto deshidratado osmóticamente, por lo general, debe ser sometido a algún otro proceso adicional (Secado por aire, Vacio o Congelación). [3]

Como método adicional para la elaboración de este producto, se selecciono el secado al sol. También se opto por sustituir la inmersión en el jarabe por la adición directa del soluto, con la finalidad de obtener características diferenciales ante otros productos ya existentes.

El método *secado al sol o al aire libre* emplea la energía radiante procedente del sol. Este sistema de secado es un proceso no contaminante y usa energía renovable. Además, es una fuente de energía abundante que no puede ser monopolizada.[3] Conviene considerar la posible infestación por insectos y contaminaciones microbianas debido al contacto del producto con la atmosfera.

Para definir los parámetros de operación para cada cobertura Se corrieron dos experimento 2 a la 2 con 10 replicas para los factores tiempo de inmersión y tiempo de secado, en cada uno de los niveles de cobertura, ya que la cobertura es de indole subjetivo (Natural o chiloso) y uno de los objetivo fue determinar la aceptación de estos sabores en el mercado. Los diseños experimentales para cada caso con sus 10 réplicas, se presentan en la tabla 1.

2.1 Variables a Evaluar en el Análisis

- ***Tiempo de secado***. Se define como el tiempo en que el fruto (manzana) es expuesto a los rayos del sol, a fin de reducir el contenido de agua. Los tiempos propuestos son de dos y tres días y para efectos del análisis se manejaran como 2 y 3.
- ***Tiempo de inmersión***. Se define como el tiempo en que los cubos de manzana permanecen en una solución de acido cítrico, evitando con ello la oxidación del fruto. Para esta variable, los niveles a considerar son de tres y cinco minutos, y para efectos del análisis se manejaran como 3 y 5.
- ***Cobertura***. Se refiere al confitado que proporciona un sabor dulce, los niveles de variación considerados son natural y enchilado, sin embargo la intención es saber los parámetros de operación para el confitado natural y el enchilado, además de conocer cuál es el tipo de confitado que tiene una mejor evaluación de parte del consumidor.

  La evaluación sensorial es el análisis de los alimentos u otros materiales por medio de los sentidos. La palabra sensorial se deriva del latín *sensus*, que quiere decir sentido (Anzaldua y Antonio, 1994). Para este caso se realizó una prueba sensorial afectiva a diez jueces no entrenados para conocer el agrado del producto deshidratado, siendo la población muestral de un conjunto de personas mayores de 15 años y menor de 35 años, los parámetros evaluados fueron Textura y sabor para las dos presentaciones.

2.2 Evaluación sensorial

Existen varios métodos para llevar a cabo una evaluación sensorial que permiten cuantificar una variable de respuesta, uno de ellos es la utilización de las escalas hedónicas que son instrumentos de medición de las sensaciones placenteras o desagradables producidas por un alimento a quienes lo prueban y deben contener siempre un número impar de puntos, que pueden ser de 3, 5, 7 o 9 (Anzaldua y Antonio, 1994). Para este caso se utilizó tal escala, diseñando un formato que permitiera conocer el punto de vista del cliente en cuanto al sabor y textura de la manzana confitada y de éste modo hacer el análisis estadístico para encontrar los parámetros óptimos.

3. DESARROLLO DEL EXPERIMENTO

Una vez que se tuvo la codificación de las pruebas y de los niveles de los factores, se procedió a recolectar la información que permitiera hacer el análisis. El formato utilizado se puede ver a continuación.

3.1 Evaluación Sensorial

Nombre: _____ Fecha: _____

Usted está recibiendo un conjunto de muestras de un producto a base de manzana deshidratada confitada, codificadas con un número. Examínelas cuidadosamente enjuagándose la boca entre cada prueba.

Usted evaluará los atributos de sabor y textura. Califique con una escala del 1 al 9.
1 – Me disgusta muchísimo
9 – Me gusta muchísimo.

Sabor

Muestra 220	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Muestra 786	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Muestra 644	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Muestra 157	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Muestra 293	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Muestra 615	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Muestra 811	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Muestra 362	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Textura

Muestra 220	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Muestra 786	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Muestra 644	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Muestra 157	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Muestra 293	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Muestra 615	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Muestra 811	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Muestra 362	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Tabla 1. Respuesta a cobertura

No.	Natural		Respuesta		Enchilado		Respuesta	
	Inmersión	Secado	Sabor	Textura	Inmersión	Secado	Sabor	Textura
1	3	2	7	8	3	2	7	7
2	5	2	8	9	5	2	8	7
3	3	3	9	10	3	3	9	8
4	5	3	10	10	5	3	10	8
5	3	2	6	6	3	2	8	8

6	5	2	7	7	5	2	9	8
7	3	3	8	8	3	3	10	9
8	5	3	9	9	5	3	10	10
9	3	2	4	2	3	2	7	7
10	5	2	5	5	5	2	9	8
11	3	3	6	7	3	3	9	9
12	5	3	7	9	5	3	10	10
13	3	2	7	5	3	2	6	5
14	5	2	8	7	5	2	8	7
15	3	3	9	9	3	3	10	9
16	5	3	9	10	5	3	10	9
17	3	2	5	5	3	2	8	8
18	5	2	6	6	5	2	8	9
19	3	3	7	7	3	3	9	9
20	5	3	8	8	5	3	10	10
21	3	2	8	5	3	2	7	7
22	5	2	9	7	5	2	8	9
23	3	3	10	8	3	3	9	10
24	5	3	10	10	5	3	9	10
25	3	2	6	4	3	2	7	4
26	5	2	7	6	5	2	8	6
27	3	3	7	8	3	3	8	8
28	5	3	8	10	5	3	10	10
29	3	2	4	7	3	2	8	5
30	5	2	5	8	5	2	9	7
31	3	3	6	9	3	3	10	9
32	5	3	8	10	5	3	10	9
33	3	2	7	8	3	2	6	7
34	5	2	9	8	5	2	7	8
35	3	3	9	9	3	3	8	9
36	5	3	9	9	5	3	9	10
37	3	2	5	6	3	2	8	4
38	5	2	7	8	5	2	8	6
39	3	3	8	9	3	3	10	7
40	5	3	10	10	5	3	10	9

3.2 Análisis Estadístico

Primero se determinan los factores significantes del proceso utilizando la función DOE de Minitab® según lo indica el manual de usuario (Minitab® Inc, et. al 2006), además de la obtención de los diagramas de efectos principales.

Tabla 2. ANOVA para el sabor en la presentación natural

```
Estimated Effects and Coefficients for Sabor (coded units)

Term                Effect      Coef  SE Coef      T      P
Constant                      7.42500   0.2080  35.70  0.000
Inmersión          1.05000   0.52500   0.2080   2.52  0.016
Secado             1.85000   0.92500   0.2080   4.45  0.000
Inmersión*Secado  -0.15000  -0.07500   0.2080  -0.36  0.721

Analysis of Variance for Sabor (coded units)

Source              DF   Seq SS   Adj SS   Adj MS      F      P
Main Effects         2   45.250  45.2500  22.6250  13.07  0.000
2-Way Interactions   1    0.225   0.2250   0.2250   0.13  0.721
Residual Error      36   62.300  62.3000   1.7306
  Pure Error        36   62.300  62.3000   1.7306
Total               39  107.77
```

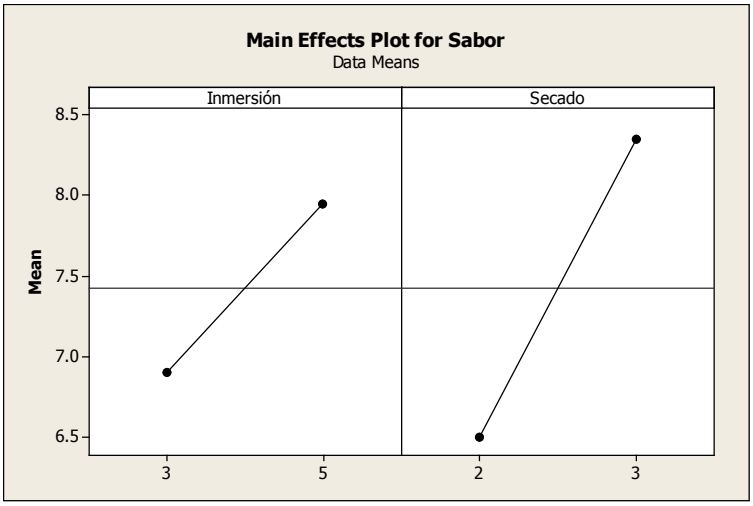


Figura 1. Efectos principales para el sabor en la presentación natural

Tabla 3. ANOVA para la textura en la presentación natural

```
Estimated Effects and Coefficients for Textura (coded units)

Term                Effect      Coef  SE Coef      T      P
Constant                      7.6500   0.1976  38.72  0.000
Inmersión          1.3000   0.6500   0.1976   3.29  0.002
Secado             2.6000   1.3000   0.1976   6.58  0.000
Inmersión*Secado  -0.2000  -0.1000   0.1976  -0.51  0.616
```

Analysis of Variance for Textura (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	2	84.500	84.5000	42.2500	27.06	0.000
2-Way Interactions	1	0.400	0.4000	0.4000	0.26	0.616
Residual Error	36	56.200	56.2000	1.5611		
Pure Error	36	56.200	56.2000	1.5611		
Total	39	141.100				

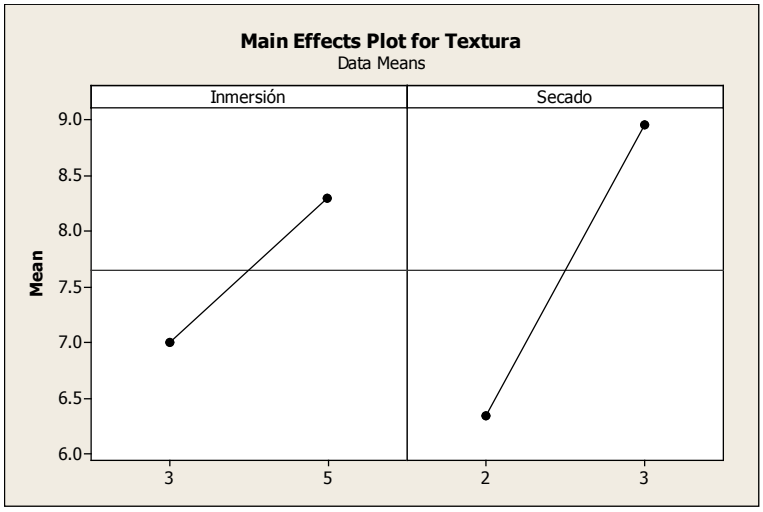


Figura 2. Efectos principales para la textura en la presentación natural

Tabla 4. ANOVA para el sabor en la presentación enchilada

Estimated Effects and Coefficients for Sabor (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		8.6000	0.1067	80.59	0.000
Inmersión	0.8000	0.4000	0.1067	3.75	0.001
Secado	1.8000	0.9000	0.1067	8.43	0.000
Inmersión*Secado	-0.2000	-0.1000	0.1067	-0.94	0.355

Analysis of Variance for Sabor (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	2	38.8000	38.8000	19.4000	42.59	0.000
2-Way Interactions	1	0.4000	0.4000	0.4000	0.88	0.355
Residual Error	36	16.4000	16.4000	0.4556		
Pure Error	36	16.4000	16.4000	0.4556		
Total	39	55.6000				

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM

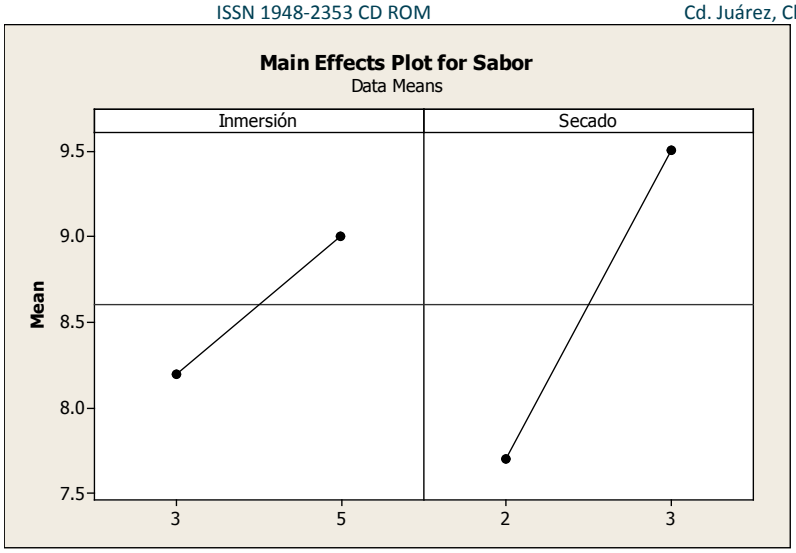


Figura 3. Efectos principales para el sabor en la presentación enchilada

Tabla 5. ANOVA para la textura en la presentación enchilada

Estimated Effects and Coefficients for Textura (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		7.9750	0.1722	46.31	0.000
Inmersión	1.0500	0.5250	0.1722	3.05	0.004
Secado	2.2500	1.1250	0.1722	6.53	0.000
Inmersión*Secado	-0.2500	-0.1250	0.1722	-0.73	0.473

Analysis of Variance for Textura (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	2	61.650	61.6500	30.8250	25.99	0.000
2-Way Interactions	1	0.625	0.6250	0.6250	0.53	0.473
Residual Error	36	42.700	42.7000	1.1861		
Pure Error	36	42.700	42.7000	1.1861		
Total	39	104.975				

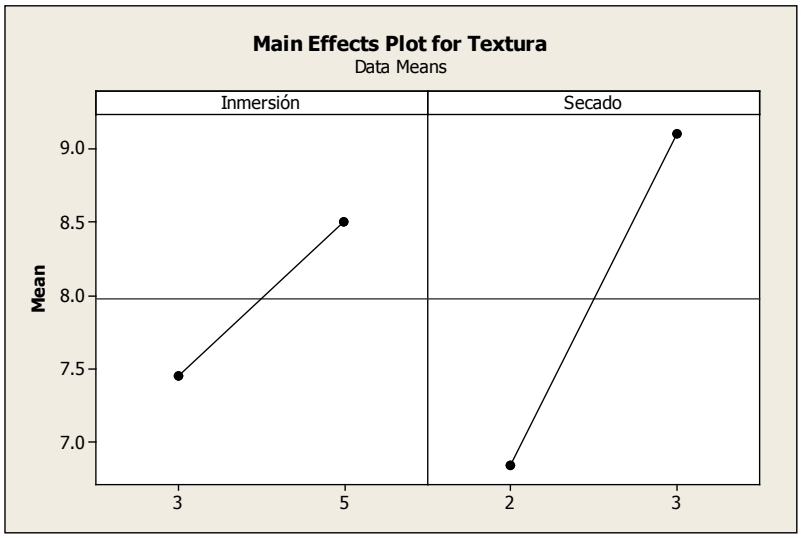


Figura 4. Efectos principales para la textura en la presentación enchilada

4. CONCLUSIONES

El diseño experimental ha resultado ser una herramienta importante para la obtención de parámetros de operación de diferentes procesos, más aún muchas veces resulta económica cuando se tiene la cultura de la mejora continua de procesos.

Para el caso de aplicación mostrado, se pudo observar que el tiempo de inmersión y de secado tiene un efecto significativo en el sabor y la textura final del producto, tanto para la cobertura natural como para la enchilada. Por lo que se recomienda que el tiempo de secado para ambas coberturas se deje en 5 minutos, mientras que el tiempo de secado se debe dejar para ambas en 3 días. Estas formas de operación del proceso permitirán que el producto tenga buena aceptación del consumidor final.

Del mismo análisis gráfico se puede observar que el consumidor final prefiere el producto enchilado, ya que al momento de dar a probar se obtiene una mejor evaluación en este tipo de producto, sin embargo se recomienda que se haga otro tipo de análisis más a fondo que confirme lo expuesto aquí en cuanto a la cobertura que prefiere el consumidor.

5. BIBLIOGRAFÍA

Douglas C. Montgomery (2008). Diseño y Análisis de Experimentos. Ed. Iberoamérica. 2da. Edición.

Humberto G. Pulido (2003). Análisis y Diseño de Experimentos. Ed. McGraw Hill.

Box G. E. P. and Draper N. R. (1987). Empirical Model-Building and Response-surfaces, New York: John Wiley & Sons.

Douglas C. Montgomery y George C. Runger (1996). Probabilidad y Estadística Aplicadas a la Ingeniería. Ed. Mc Graw Hill.

Ronald E. Walpole, Raymond H. Myers y Sharon L. Myers (1999). Probabilidad y Estadística Para Ingenieros. Ed. Prentice Hall.

Stephens, M. A. (1974). EDF Statistics for Goodness of Fit and Some Comparisons, Journal of the American Statistical Association, Vol. 69, pp. 730-737.

Anzaldua, M. Antonio (1994). La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica. Editorial Acribia S.A. Zaragoza-España.

Norman W. Desrosier (2002**).** Conservación de Alimentos. Editorial CECSA. Méx., Pág. 158-159.

M. Shafiur Rahman (2003). Manual de Conservación de los Alimentos. Editorial ACRIBIA. España. Pág. 193, 205, 206.

SAGARPA Delegación Durango (2009**).** INIFAP, Campo Experimental Valle del Guadiana**.,** Consultoría en Mercadotecnia, Finanzas, Recursos Humanos y administración-Lic. Guillermo Zenizo Dávalos.**,** Fundación Produce Durango., Investigación y estudios Crece Durango – Derechos Reservados., Investigación propia., Investigación directa con productores: UNIFRUT Durango., FIRA, Representación estatal.

http://www.frutexsa.cl/almacenamiento.htm

http://www.jyever.com/fundador.html

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

Disminución del Tiempo de Cambio de Molde en Máquina de Inyección de Plástico Mediante la Aplicación de SMED

José-Luis Rodríguez Álvarez[1]
Gerardo Grijalva Avila[1]
Arturo Soto Soto[2]
Arturo Soto Cabral[2]

Resumen— El presente trabajo fue realizado en una empresa dedicada a la manufactura de diversos componentes plásticos para la industria automotriz. A través de la aplicación de la metodología de manufactura esbelta SMED (Single Minute Exchange of Dies, por sus siglas en inglés), se pudieron identificar varias actividades que no agregan valor al producto durante el cambio de molde en 13 máquinas estudiadas pero solo una se eligió para continuar con las actividades de mejora. Los resultados muestran que mediante el cambio de algunas actividades internas a externas, el diseño de una sobre platina para el ajuste de los clamps y tacones de la platina así como de la estandarización del procedimiento de cambio, se obtiene una reducción significativa en el tiempo de cambio del molde. El desempeño debido a la mayoría de las mejoras es promisorio para su implementación en la totalidad de las máquinas de inyección de la empresa en cuestión.

Palabras Clave—SMED, actividades internas, actividades externas, cambio de molde, platina.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, para que una empresa manufacturera se mantenga competitiva dentro de los mercados globales, es necesario que parte de los esfuerzos de mejora se enfoquen a hacer que sus procesos sean cada vez más flexibles además de mantener o incluso incrementar la productividad. Pero una vez que las empresas se encuentran dentro de una dinámica de mejora continua, el problema ahora es implementar metodologías y herramientas que sean funcionales, que cumplan con los objetivos de mejora y que no sean costosas.

El estudio de tiempos y movimientos[1] es una metodología que puede resultar poco costosa en su implementación y que puede resultar muy útil cuando se quieren identificar tiempos muertos, movimientos innecesarios, cuellos de botella y algunas otras actividades que desde el punto de vista de la filosofía de manufactura esbelta[2] son actividades que no agregan valor al producto o servicio.

En el presente documento se muestran algunas de las causas que afectan la productividad en algunas de las áreas de la planta 2 de una empresa dedicada a la manufactura de componentes plásticos para diferentes empresas de la industria automotriz. Y precisamente para eliminar o al menos disminuir esas causas, se lleva a cabo una aplicación de la metodología SMED (Single Minute Exchange of Dies, por su siglas en inglés), que según Shigeo Shingo[3], tiene como idea general el disminuir los tiempos de cambio de modelo a minutos de un solo digito y de esta manera hacer más flexible los procesos produciendo lotes pequeños.

DESARROLLO DEL MÉTODO

Proceso de Cambio de Molde Actual

Como parte de las primeras etapas de implementación de la metodología SMED, en primera instancia se tiene que documentar a detalle el procedimiento de cambio de molde que se tiene antes de la mejora. Estas actividades junto con el tiempo que consume cada una de ellas se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Procedimiento de cambio de molde actual

Act.	Descripción	Tiempo (seg.)
1	Apagar máquina	30
2	Se desconectan las mangueras	118
3	Se acerca grúa a molde a retirar	116
4	Se ajusta el gancho de la grúa al cárcamo del molde	203
5	Se desajustan los clamps para liberar el molde	851
6	Se retira el molde de la maquina con movimientos de la grúa	130
7	El molde es bajado y colocado a un lado de la maquina en su tarima para su traslado en montacargas	195
8	Se ajusta el gancho de la grúa al cárcamo del molde programado	205
9	Se sube el molde y se posiciona en la parte superior de la inyectora	135
10	Se baja el molde y se posiciona para ser instalado y alineado en la maquina guiándonos con el anillo centrador del molde	153
11	Apoyados con movimientos de la grúa y con un nivel se nivela el molde para su sujeción	568
12	Se ajustan los clamps y los tacones de cada lado de la inyectora	1525
13	Se instalan las mangueras de agua, los puentes del molde y el sistema eléctrico	385
14	Se enciende la inyectora y las tarjetas de temperatura	35
15	Se prueban y ajustan las barras botadoras	325
16	Se realizan pruebas hasta que salga la primer pieza OK	958
TOTAL		**5932**

Una vez que se tienen identificadas cada una de las actividades del proceso de cambio actual así como el tiempo que se lleva en cada una de éstas, es necesario graficar el tiempo total (figura 1), de tal modo que se pueda tener un punto de referencia para comparar una vez que se ponga en marcha el nuevo método de cambio de molde. De igual modo se construyó un Pareto (figura 2), el cual según Pulido y Salzar[4] se puede reconocer que pocos elementos (20%) generan la mayor parte del efecto (80%), y el resto de los elementos propician muy poco del efecto total. Y para el caso en estudio se utilizó para identificar las actividades sobre las cuales se tendrían que enfocar los mayores esfuerzos para disminuir los tiempos, y obteniendo como resultado que el ajuste de los clamps y los tacones de cada lado de la inyectora fueron los que consumían mayor tiempo.

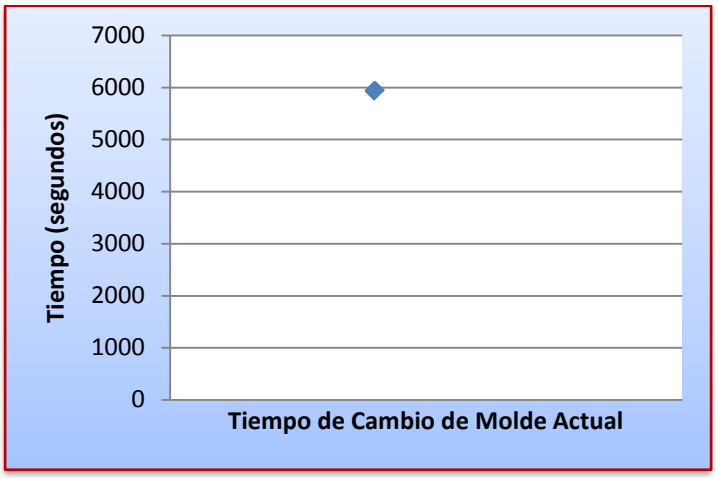


Figura 1. Tiempo de cambio de molde actual

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

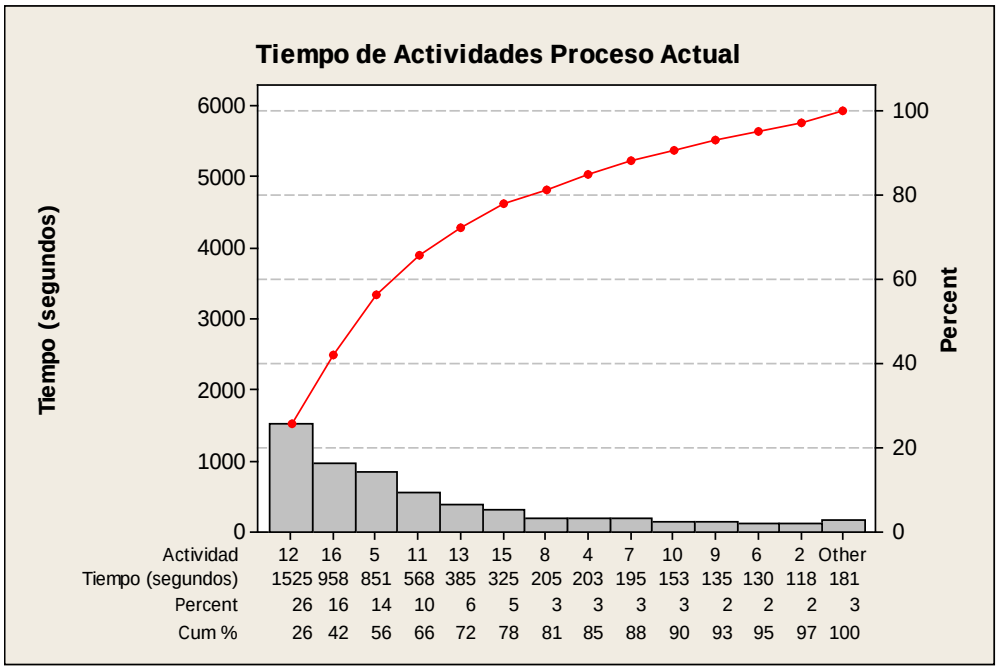


Figura 2. Tiempo de actividades proceso actual

Separación de Actividades Internas y Externas

Una vez que se tiene la lista completa de las actividades realizadas para el tiempo de cambio de molde, ahora se hace una separación de éstas, colocando en una sección las actividades internas (las que se realizan cuando la máquina esta en modo de paro) y en otra las actividades externas (las que se realzan cuando la máquina es funcionando). Esta separación de actividades se muestra en la figura 3.

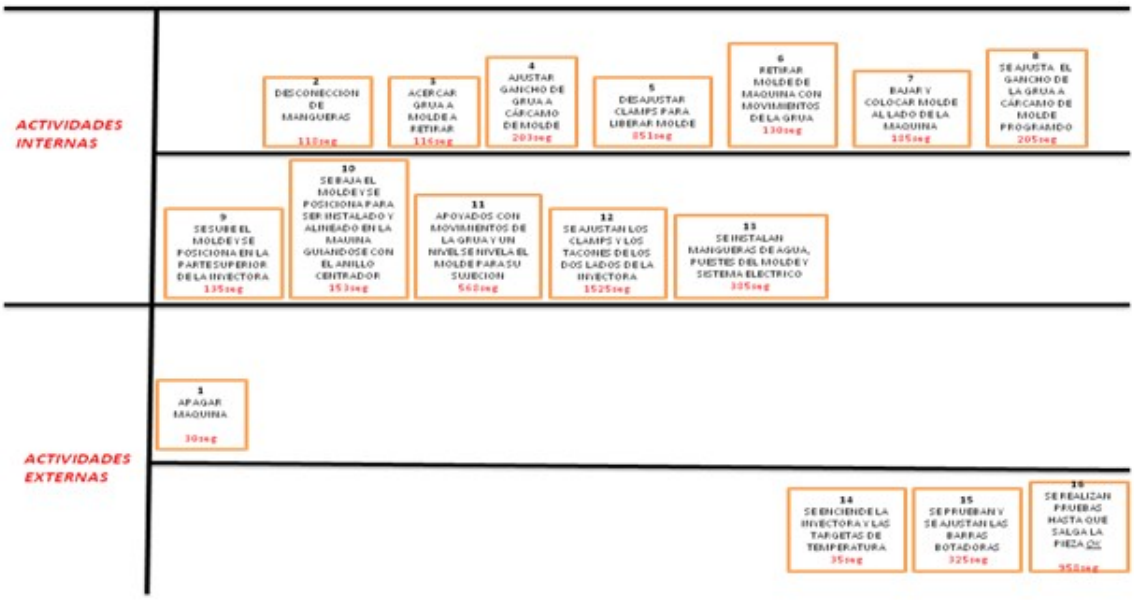


Figura 3. Separación de actividades internas y externas

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

Conversión de Actividades Internas a Externas

Una vez que se tienen bien identificas las actividades internas y externas, la idea del SMED es convertir aquellas actividades que se hacen cuando la máquina esta en modo de paro (en la medida de lo posible) a actividades que se hacen cuando la máquina está corriendo. De acuerdo a la figura 4 la única actividad que se pudo cambiar fue la tres. De igual modo es necesario identificar aquellas actividades que se pueden realizar en forma paralela, mismas que se muestran en la figura 5.

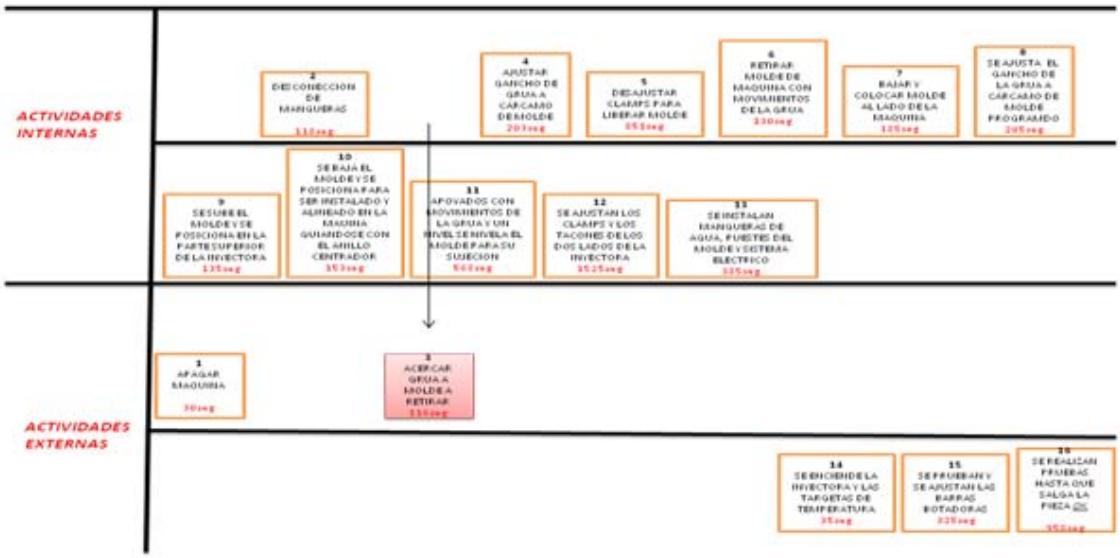


Figura 4. Conversión de actividades internas a externas

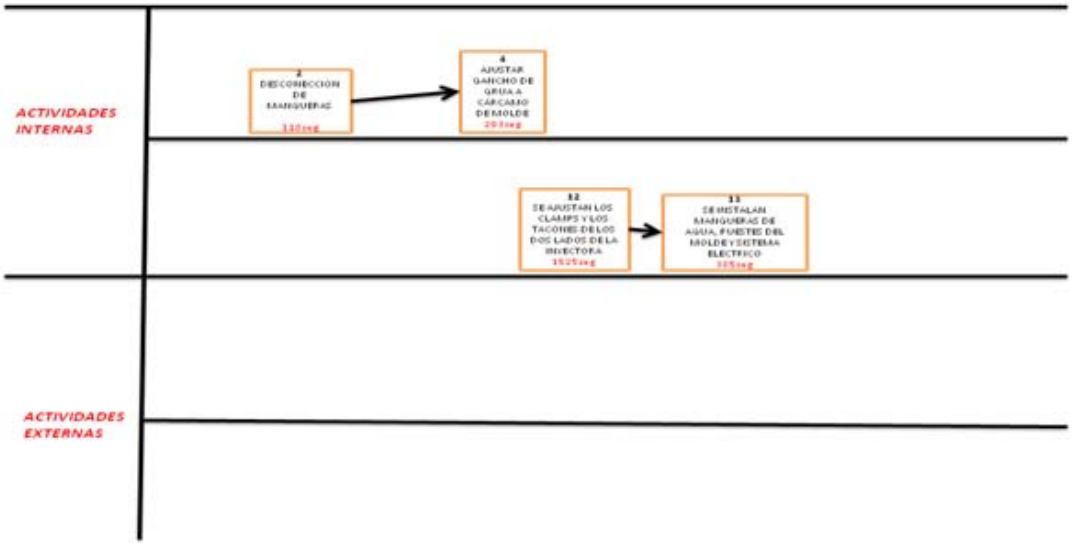


Figura 5. Actividades paralelas

Optimización de Actividades Internas/Externas

Una de las actividades que consume mayor tiempo en el proceso de cambio de molde, es el ajuste de los clamps, y en este caso debido a que los barrenos de las platinas del molde no cuentan con buenas cuerdas para que entre el tornillo con un buen torque y sostenga perfectamente el molde, se optó por colocar una sobre-platina de acero la cual permite trabajar a temperaturas elevadas sin afectar su forma[5], pero que además permitiera dar un perfecto ajuste y de acuerdo a su diseño hacerlo de manera más rápida. La platina original, y el diseño de la sobre-platina se muestran en las figuras 6 y 7 respectivamente.

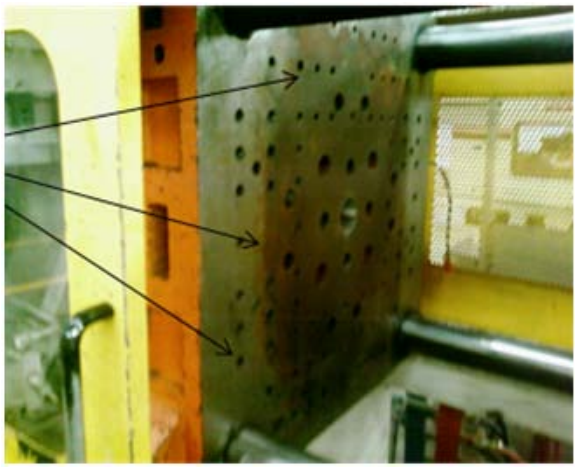


Figura 6. Platina normal de la máquina de inyección

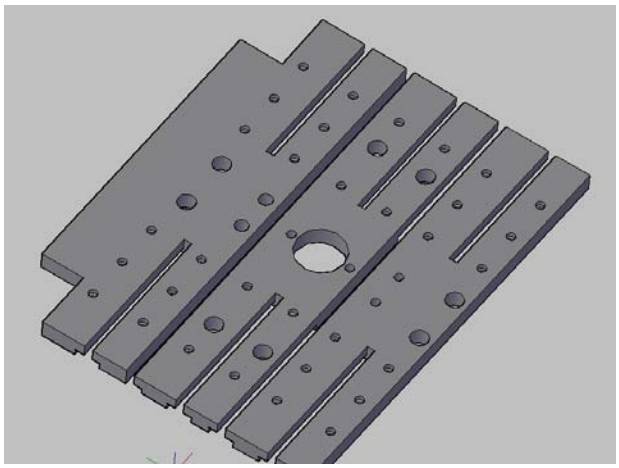


Figura 7. Sobre-platina

Debido a los mecanismos de las máquinas de inyección en las cuales hay una parte móvil y una parte fija, al igual que con la parte móvil, también se tuvo que diseñar y construir una sobre-platina la cual iría colocada sobre la parte fija. El diseño de la sobre-platina fija se muestra en la figura 8.

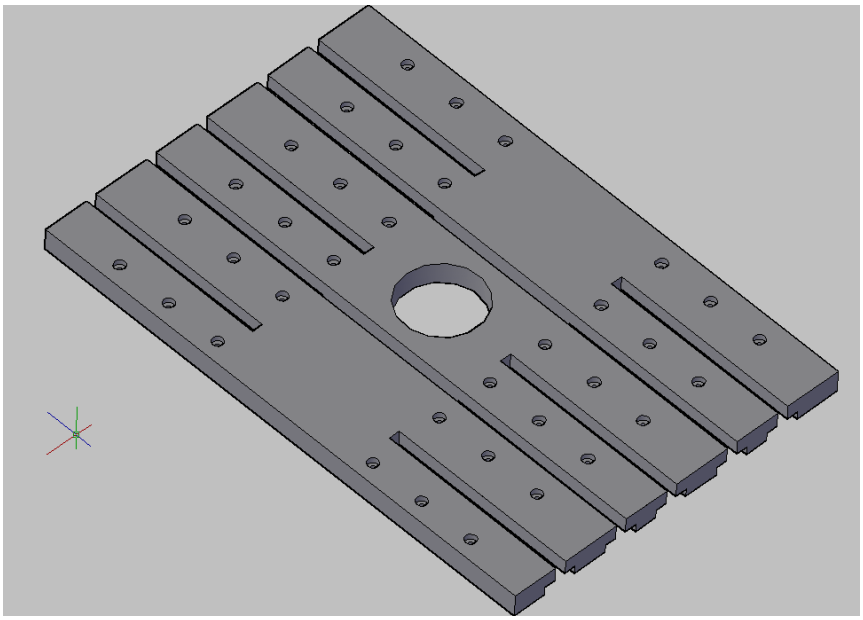


Figura 8. Sobre-platina de la parte fija del molde

Implementación de Nuevo Procedimiento

Una vez que se ha aplicado la metodología completa de SMED y que desde el punto de vista del analista, ya no hay más actividades que optimizar, es momento para definir el nuevo procedimiento de cambio de molde. En la tabla 2 se muestra el nuevo procedimiento, resaltando aquellas actividades en las que se tuvo una disminución significativa en cuanto al tiempo del método anterior. Además en la figura 9 se muestra una comparación entre el método anterior y el nuevo.

Actividad	Descripción	Antes	Después
		Tiempo (seg)	Tiempo (seg)
1	Apagar maquina	30	30
2	Se desconectan las mangueras	118	88
3	Se acerca grúa a molde a retirar	116	0
4	Se ajusta el gancho de la grúa al cáncamo del molde	203	203
5	Se desajustan los clamps para liberar el molde	851	851
6	Se retira el molde de la maquina con movimientos de la grúa	130	130
7	El molde es bajado y colocado a un lado de la maquina en su tarima para su traslado en montacargas	195	195
8	Se ajusta el gancho de la grúa al cáncamo del molde programado	205	205
9	Se sube el molde y se posiciona en la parte superior de la inyectora	135	135
10	Se baja el molde y se posiciona para ser instalado y alineado en la maquina guiándonos con el anillo centrador del molde	153	153
11	Apoyados con movimientos de la grúa y con un nivel se nivela el molde para su sujeción	568	568
12	Se ajustan los clamps y los tacones de cada lado de la inyectora	1525	523
13	Se instalan las mangueras de agua, los puentes del molde y el sistema eléctrico	385	250
14	Se enciende la inyectora y las tarjetas de temperatura	35	35
15	Se prueban y ajustan las barras botadoras	325	325
16	Se realizan pruebas hasta que salga la primer pieza OK	958	958
TOTAL		**5932**	**4649**

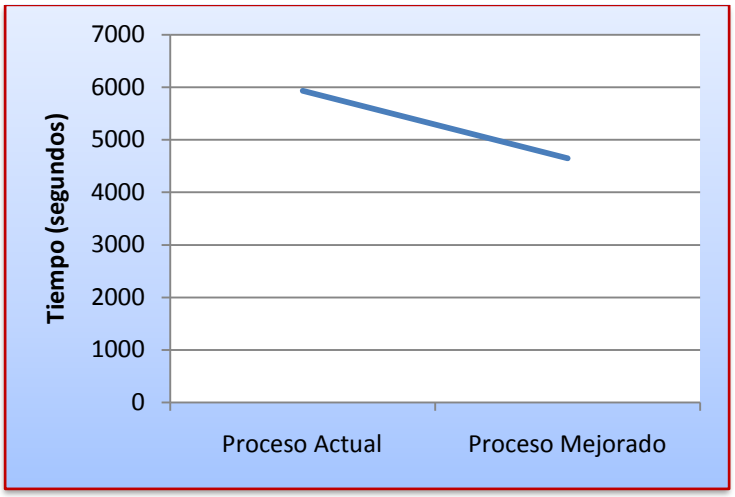


Figura 12. Tiempo de cambio de molde antes y después

CONCLUSIONES

Las metodologías desarrolladas por Shigeo Shingo en 1985, se mantienen vigentes en la actualidad, más aún porque pueden resultar poco costosas y muy efectivas en cuanto a los resultados que se pueden obtener cuando se realiza una aplicación adecuada. Es importante considerar que este tipo de metodologías tiene una desventaja que puede ser la causante principal del éxito o fracaso del proyecto de mejora, esta desventaja tiene que ver con los aspectos culturales e ideológicos respecto a las metodologías desarrolladas por orientales.

Para el caso de aplicación desarrollado en este trabajo, la implementación de la metodología SMED permitió una reducción significativa en el cambio de molde en la máquina de inyección de plástico, pasando de un tiempo anterior de 5932 segundos (1 hora con 39 minutos) a un tiempo nuevo de 4649 segundos (1 hora con 17 minutos y 30 segundos), lo que resulta en un ahorro de 21 minutos, y que al relacionarlo con la cantidad de componentes plásticos que se pueden obtener en ese tiempo, permite visualizar una línea de producción más flexible.

Es importante mencionar que el objetivo de la metodología es disminuir los tiempos de cambio de molde a minutos de un solo digito, y como se puede observar para este caso no se obtiene ese resultado, sin embargo no deja de ser exitosa la aplicación, debido a que hubo una disminución significativa en cuanto al tiempo de cambio que a su vez impacta significativamente en los costos de producción.

BIBLIOGRAFÍA

[1]Niebel, Freivalds, “Ingeniería Industrial Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo”. Ed. Alfaomega. ED. 11a. México 2004.

[2]Alberto Villaseñor C., Edber Galindo C., “Manual de *Lean Manufacturing* Guía Básica”. Ed. Limusa. ED. 1ra. México 2009.

[3]Shingo, S., “A Revolution in Manufacturing: The SMED System”. Ed. *Productivity Press*. USA. 1985.

[4]Humberto G. Pulido, Roman de la Vara Salazar, “Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma”. Ed. Mc Graw Hill. Ed. 2da. México 2009.

[5]Richard G. Budynas, J. Keith Nisbett, “Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley”. Ed. Mc Graw Hill. ED. 8va. México 2008.

[6]Shingo, S., *“Modern Aproaches to Manufacturing Improvement: The Shingo System”*. Ed. *Productivity Press*. USA. 1990.

[7]Niebel, Benjamín, “Ingeniería Industrial, Métodos, Tiempos y Movimientos”. Ed. Alfaomega. ED. 3ra. México 1995.

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

Un modelo bayesiano para pruebas de vida acelerada mediante el uso de una variable latente

Dr. Manuel Arnoldo Rodriguez Medina[1], Manuel Ivan Rodriguez Borbon M.C.[2]

Resumen— En este documento se presenta la aplicación del modelo de riesgo proporcional de Cox usando una variable latente. El análisis estadístico se realiza mediante el uso de técnicas bayesianas de simulación aplicado a la Confiabilidad de Sensores Automotrices. Son utilizadas las técnicas de Monte Carlo y Cadenas de Markov para la estimación de los parámetros del modelo al igual que la confiabilidad de los artículos. La prueba de confiabilidad se realiza mediante el uso de una prueba de vida acelerada generando datos de falla tempranos. Finalmente, la estimación de los parámetros del modelo se realiza utilizando técnicas de simulación bayesianas, logrando la estimación de la confiabilidad de los artículos manufacturados.

Palabras claves— Análisis Bayesiano, Confiabilidad, Pruebas de Vida Acelerada, Simulación Método de Monte Carlo.

Introducción

El objetivo principal de este trabajo es el estudio de los métodos utilizados para la medición de la vida de un producto, más conocido como prueba de vida acelerada (ALT). Los objetivos de este tipo de pruebas de vida acelerada están relacionados con la calidad, confiabilidad y análisis de costos.

El impacto que las pruebas de vida acelerada en la calidad, se basa en los modos de falla del producto. Conocer el tipo de falla que un producto podría tener, muestra un impacto significante debido a que con esto tenemos la capacidad para desarrollar nuevos materiales y diseños eliminando fallas prematuras.

Ingeniería, fabricación, control de calidad, ingeniería de calidad, son conceptos involucrados en el desarrollo de sistemas para asegurar que los productos o servicios cumplan o en su mejor caso excedan los requerimientos del cliente.

Es bien sabido que los modelos analíticos existentes, son limitados. Hoy en día, los modelos de confiabilidad y degradación se centran en uno o máximo dos variables de estrés. Aun cuando dos variables de estrés se consideran, el problema podría continuar debido a la falta de información sobre condiciones de otra variable a la cual pudiera estar expuesto el producto y no se considero en la prueba de vida. Podemos decir que diferentes estreses pueden resultar en diferentes modos de falla.

La literatura muestra una falta de modelos capaces de analizar escenarios de estrés múltiples. En particular, el tipo de análisis realizado en la ingeniería se limita a un escenario de estrés y una distribución particular de falla. Los sistemas modernos de hoy en día requieren una forma mucho más precisa en el ámbito de la confiabilidad. Las pruebas necesarias requieren un análisis con múltiples tensiones. Hay sistemas y productos en los que algunos de los escenarios con múltiples tensiones no han sido exploradas todavía. Por lo tanto, la necesidad de modelos capaces de analizar y describir la vida de estos productos es enorme. En este estudio proponemos un modelo capaz de analizar múltiples variables en una sola prueba de vida.

Descripción del Método

Analisis Bayesiano

El Análisis Bayesiano es más directo que la teoría del muestreo. Con el fin de alcanzar una mejor aproximación de un parámetro, el parámetro se asume una variable aleatoria con una función de distribución de probabilidad a priori.

Esta distribución es el conocimiento acerca de los datos de la muestra que se está siendo analizada. Dada la distribución de probabilidad a priori y los datos observados, se utiliza el teorema de Bayes para estimar la función de probabilidad posterior (a posteriori) del parámetro.

En contraste con el análisis Bayesiano, la teoría del muestreo indica que el parámetro desconocido es una constante fija. Una estimación puntual, que es una función del conjunto de datos, se elige sobre la base de algunos principios importantes como la estimación de máxima verosimilitud, mínimos cuadrados o el método de momentos. Una estimación de un intervalo de confianza se calcular con el fin de dar una idea que tan lejano es el valor calculado del valor real del parámetro generado por medio de la muestra.

El análisis bayesiano entonces determina la distribución de un parámetro con la finalidad de obtener el valor real de este. En ocasiones las distribuciones marginales se determinan debido a la dificultad de muestrear distribuciones a posterior de los parámetros.

[1] Dr. Manuel Arnoldo Rodríguez Medina es Profesor Investigador en el área de posgrado en el Instituto Tecnológico de Cd. Juárez, Ciudad Juárez Chihuahua, manuel_rodriguez_itcj@yahoo.com. (**autor corresponsal)**, [2]Manuel Iván Rodríguez Borbón M.C. es estudiante de Doctorado en la Universidad Estatal del Estado de Nuevo Mexico, Las Cruces, New Mexico, USA, ivanrodr@nmsu.edu.

Modelo de riego proporcional de Cox con el uso de una variable latente.

En la actualidad, los fabricantes de automóviles se centran en el diseño de piezas que resistan entornos duros y destructivos durante la vida útil del automóvil. Por lo tanto la confiabilidad juega un papel esencial y cada vez más importante. Un nuevo método se presenta para evaluar la confiabilidad de sensores automotrices. En este estudio se probaron sensores con diferentes factores ambientales, tales como la temperatura y vibración. La finalidad de la prueba es encontrar diferentes características de la vida del producto. Se utilizaron pruebas de vida acelerada para inducir las fallas en el sensor. Los resultados de falla de los sensores en la prueba de vida acelerada se utilizan para determinar las características de vida del sensor. Utilizamos una modificación del modelo de Cox (1972) para estimar la confiabilidad del sensor. El modelo de riesgos proporcionales de Cox se define de la siguiente manera:

$$\lambda(t \mid x) = \lambda_o(t) e^{X'\beta} \tag{1}$$

El modelo de Cox ofrece una estimación de la supervivencia en función de varias variables explicativas. Nos permite estimar el riesgo (o riesgo) de falla, o cualquier otro evento de interés por medio de variables predictoras.

En otras palabras, el modelo de Cox es un modelo para el análisis de datos de confiabilidad y degradación. El objetivo del modelo es la de explorar al mismo tiempo los efectos de diversas variables en la confiabilidad.

Una característica importante del método de Cox es que no se asume una distribución particular para los tiempos de supervivencia, pero supone que el efecto de las diferentes variables en la supervivencia es constante en el tiempo y favorable en una escala particular.

En este trabajo se presenta un modelo que sea flexible para todas las distribuciones posibles que pudieran presentar datos de falla. Van Dorp y Mazzuchi (2004) presentan un modelo general de Bayes inferencia exponencial para las pruebas de vida acelerada, lo que supone tiempos de falla en cada nivel de estrés con una distribución exponencial. En la literatura hay algunas artículos que presentan pruebas de vida acelerada con estrés múltiple, tal como el que presentan Muller y Vopatek (1995). En nuestro trabajo el procedimiento de inferencia utiliza el algoritmo MCMC utilizado por Muller (2000) para obtener la distribución a posterior de los parámetros en el modelo mediante datos de prueba censurados obtenidos de una prueba de vida acelerada.

El modelo de Cox modificado, incluye otras variables que podrían tener alguna influencia en las tasas de falla, dando además una manera de medir la fuerza que tiene el estrés en la falla. La variación del modelo de riesgo proporcional de Cox se define a través de un proceso Gaussiano presentado a continuación:

$$\lambda(t \mid y) = \lambda_o(t) e^{y} \tag{2}$$

Donde Y es una variable latente con un proceso Gaussiano asociado a la covariable x, λ_o es la tasa de riesgo base, y la función de riesgo acumulada se utiliza para obtener la función de confiabilidad, mostrada a continuación:

$$R(t \mid y) = \exp\{-\Lambda_o(t) e^{y}\} \tag{3}$$

Por lo tanto, la función de verosimilitud se obtiene de la siguiente manera:

$$L(D \mid Y, \Lambda_o) = \prod_{i=1}^{n} f(t_i \mid y_i)^{c_i} S(t_i \mid y_i)^{1-c_i} \tag{4}$$

Donde la tasa de riesgo base se estima mediante un proceso gamma. Con esto podemos entonces asignar una distribución a posterior de la variable latente. La distribución asignada es entonces Normal multivariada siguiendo el enfoque presentado por Neal (2000). El enfoque de la variable latente es expresar nuestro conocimiento previo sobre la respuesta.

La variable latente se asume con una distribución a priori Normal multivariada con media 0 y matriz de varianzas y covarianzas Σ construidos de la siguiente manera:

$$Cov(y_i, y_j) = x_i \Sigma_\beta x_j + \sigma_\varepsilon^2 \delta_i \tag{5}$$

Con δij = 1 si i = j, cero en caso contrario. Esto define un proceso gaussiano dando una distribución a una posible relación entre la covariable y la respuesta. La función de covarianza para los valores latentes en un modelo, debe incluir al menos una pequeña cantidad, que es similar al ruido en un modelo de regresión. Una expresión más general de la función de covarianza se puede utilizar para incluir un término exponencial no lineal como:

$$C = X\Sigma X' + \upsilon_o \exp\{-D\} + \sigma_\varepsilon^2 I \tag{6}$$

donde ν_o y los pesos $w_{k's}$ controlan la fuerza y el grado de la distancia entre las covariables. Los hiperparámetros son $\theta = \nu_o, w_{k's}$, con los elementos de D construidos de la siguiente manera:

$$d_{ij} = \sum_{k=1}^{p} wk(x_{ik} - x_{jk})^2 \quad (7)$$

Los beneficios de usar el modelo de Cox son significantes. El modelo podría ser utilizado con varios patrones de estrés. Como se mencionó antes, existe una falta de modelos de estrés múltiples, pero el modelo de Cox puede adaptarse fácilmente a los escenarios donde mas de un estrés es utilizado. La distribución de las tasas de falla es diferente para cada situación que estamos analizando. El modelo de riesgo proporcional de Cox con una variable latente también es flexible para cualquier tipo de distribuciones de falla

.

Inferencia a posteriori.

Podemos decir que la distribución posterior completa es:

$$f(Y,\theta \mid X) \propto f(Y,X) f(Y \mid \theta) f(\theta) \quad (8)$$

Donde T = (t_1, ..., t_n), θ = ν_o, $w_{k's}$, y X = (x_1, ..., x_n). El enfoque es tomar una muestra de la distribución posterior completa, pero como es muy complicado, utilizamos el muestreo de Gibbs para tomar muestras posteriores de las distribuciones condicionales como se muestra a continuación:

$$f(\theta \mid T,X,Y) \propto f(T \mid Y,X) f(Y \mid \theta) f(\theta) \quad (9)$$

$$f(\theta \mid T,X,Y) \propto f(T \mid Y,X) f(\theta) \quad 10$$

Es necesario tomar una muestra de esta distribución a posteriori con el fin estimar la confiabilidad de los sensores. La metodología prevista en este artículo apoya la hipótesis de que el modelo funciona bien en escenarios multi-estrés

Aplicación

La investigación consiste en una prueba de vida acelerada de sensores automotrices bajo diferentes condiciones ambientales. Por ejemplo, la calidad de cierto tipo de sensor en diferentes temperaturas y sometido a diferentes vibraciones. Los resultados sugieren que la alta temperatura con diferentes escenarios de la vibración, aumentan considerablemente la velocidad de degradación.

Como se mencionó anteriormente, el análisis se realiza en sensores automotrices. Básicamente se realiza una prueba de vida acelerada (ALT). Se tomaron 30 piezas de sensores. Datos resultantes de la prueba se pueden ver en el cuadro 1. Se pretende mejorar la vida del sensor cuando este trabaja con vibración y temperatura.

El estudio fue realizado en un centro de diseño automotriz. Los datos obtenidos de la prueba de vida se usaron para la estimación posterior de los parámetros y predicción de la función de supervivencia. El sensor utilizado en la prueba es un sensor tipo knock el cual controla el tiempo en el motor del automóvil. Altos niveles de temperatura se utilizaron durante la prueba con el fin de simular las condiciones habituales a las cuales el sensor esta expuesto durante la operación normal. La temperatura normal de funcionamiento es de 120 grados centígrados. Para la prueba se utilizaron 3 ambientes acelerados de vibración y dos ambientes con temperatura 150 y 170 grados centígrados. Durante el estudio se observaron n = 24 fallas. Hay 6 unidades que sobrevivieron la prueba. Este tipo de censura es también llamado "Censura tipo 1" o "Censurados a la derecha". Los resultados de la prueba se muestran a continuación en el cuadro 1 y cuadro 2.

Temperatura 150 grados centígrados		**Temperatura 170 grados centígrados**	
Vibración 1	2 articulo fallaron	Vibración 1	5 artículos fallaron
Vibración 2	4 artículos fallaron	Vibración 2	5 artículos fallaron
Vibración 3	3 datos fallaron	Vibración 3	5 artículos fallaron

Cuadro 1. Datos de Falla de Sensores, resultantes de la prueba de vida acelerada.

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM

Numero de Articulo Temperatura 150	Tiempo de Falla en horas	Censurado	Numero de Articulo Temperatura 170	Tiempo de Falla en horas	Censurado
1	6015	0	1	2077	1
2	4455	1	2	2783	1
3	6015	0	3	3050	1
4	4890	1	4	3055	1
5	4765	0	5	3053	1
6	4582	1	6	3163	1
7	4801	1	7	3222	1
8	4712	1	8	3245	1
9	4023	1	9	3034	1
10	6015	0	10	3124	1
11	4678	1	11	2872	1
12	6015	0	12	3410	1
13	4978	1	13	3100	1
14	4010	1	14	3267	1
15	6015	0	15	2978	1

Cuadro 2. Tiempos de Falla y datos censurados resultantes de la prueba de vida acelerada.

Comentarios Finales

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la prueba de vida acelerada. Los resultados fueron obtenidos utilizando simulación de los parámetros por medio del muestreo de Gibbs. Una vez que se obtuvo la convergencia de cada uno de los parámetros, se utilizaron los valores de los parámetros en la función de confiabilidad para obtener la inferencia estadística. Los resultados fueron los siguientes:

Resumen de resultados

Los resultados utilizando análisis Bayesiano durante este trabajo muestran gran exactitud. El 10 por ciento de los sensores fallan aproximadamente a las 7250 horas, lo que equivale aproximadamente a 302 días, y nuestra mediana del tiempo es de 13050 horas lo que significa 543 días

Conclusiones

Los resultados que se muestran en el estudio demuestran que nuestro análisis es preciso y confiable. La razón de esto es porque nuestro modelo involucra el efecto del error que aportan variables no incluidas en el estudio y que otros modelos no incluyen. Además, el enfoque bayesiano integra la información previa en el resultado del análisis para la inferencia estadística, en comparación con los métodos clásicos estadísticos los cuales solo dependen de los valores de la muestra obtenida.

Durante este trabajo se demostró que el análisis bayesiano es una técnica excelente cuando se realiza análisis de confiabilidad. También se modificó el modelo de Cox dando la posibilidad de realizar un análisis multi-estrés cuando pruebas de vida acelerada son llevadas a cabo. Se puede concluir también que el proceso de Gauss también incluye otras variables que no son considerados durante la prueba. Por lo tanto, los resultados son confiables y las decisiones que se tomen con base en este análisis son muy coherentes con los requisitos de la industria automotriz.

Recomendaciones

Los investigadores interesados en esta investigación podrían continuar con el análisis de nuevas formas de construcción de la matriz de covarianza utilizada para el proceso gaussiano. Se puede decir que diferentes formas en los pesos asignados a la fuerza entre las covariables pudiera ser analizada. Es necesario un estudio más extenso en esta área. Podríamos sugerir que hay un abundante campo todavía por explorarse en lo que se refiere a las diferencias entre cada covariable utilizadas en este estudio. La precisión del estudio completo depende mucho de esta matriz de covarianza y sus elementos.

Referencias

Abdel-Ghali A. A., Aita A. F. and Abdel-Ghani M.M. The maximum likelihood estimates in step partially accelerated life tests for the weibull parameters in censored data. Commun Stat-Theory Methods, 4:551.573, 2002.

Bai D.S., Chun Y.R., and Cha M.S. Time-censored ramp tests with stress bound for weibull life distribution. *IEE Trans Reliab*, 9, 1997.

Berg B. Markov chain monte carlo simulations and their statistical analysis. Singapore, *World Scientific*, 2004.

Bunea C. and Mazzuchi T.A. Competing failure modes in accelerated life testing. *Journal of Statistical Planning and Inference*, 136:1608.1620. 2006.

Chib S. and Greenberg E. Understanding the metropolishastings algorithm. *American Statistician*, 4:327.335. 1995.

Cox D.R. Regression models and life tables. *J. Roy Statist. Soc B*, 34:187.220. 1972.

Doksum K.A.Tailfree and neutral random probabilities and their posterior distributions. *Ann. Prob*, 2:183.201. 1974.

Elsayed E.A. and Zhang H. Design of ph-based accelerated life testing plans under multiple-stress-type. *Reliability Engineering and System Safety*, 92:286.292. 2007.

Erkanli A. and Soyerb R. Simulation-based designs for accelerated life tests. *Journal of Statistical Planning and Inference*, 3:335.348. 2000.

Ferguson T.S. A bayesian analysis of some non-parametric problems. *Ann. Statist*., 1:209.230. 2000.

Gelman A, Carlin J.B., Stern H., and Rubin D.B. Bayesian Data Analysis. *Chapman and Hall/CRC*. 2005.

Hastings W.K. Monte carlo sampling methods using markov chains and their applications. *Biometrika*, 1:97.109. 1970.

Kalbfleisch J.D. Non-parametric bayesian analysis of survival time data. *J. R. Statit. Soc*. B, 2:214.221. 1978.

Khamis J.H. and Higgins J.J. An alternative to the weibull step-stress model. *Int J Qual Reliab Manag*, 9. 1999.

Kingman J.F.C. Random discrete distributions. *J. R. Statist. Soc*. B, 37:1.22. 1975.

Lewis E.E. Introduction to Reliability Engineering. *Wiley and Sons*. 1987.

Madi M.T. Multiple step-stress accelerated life tests: the tampered failure rate model. *Commun Stat-Theory Methods*, 9. 1993.

Mazzuchi T.A, Soyer R., and Vopatek A. Linear bayesian inference for accelerated weibul model. *Lifetime Data Anal*, 3:63.75. 1997.

Muller. Montecarlo based approaches. *Bayesian Statistics*, 2000.

Muller and Parmigiani. Montecarlo based approaches. *Journal of Amer. Stat. Assoc*., 90:503.510, 1995.

Neal R. Regression and classifcation using Gaussian Process priors (with discussion). *Oxford University Press, In Bayesian Statistics 6* (eds: A.P. Dawik, J.M Bernando, J.O. Berger and A.F.M. Smith), 1999.

Nelson W. Accelerated Life Testing. *Wiley*. 1990

Nelson W. Accelerated testing:statistical models,test plans and data analyses. *Wile*y, 1990

Rodriguez Borbon, Rodriguez Medina and Valles-Rosales. Novel Accelerated Life Testing Approach For Knock Sensors, *Proceedings of the 2009 Industrial Engineering Research Conference*, Miami FL, 2009

Rodriguez Borbon, Valles-Rosales and Rodriguez Medina. A Bayesian model for highly accelerated life testing using latent variables. *Congreso IJIE,Mexico, D.F., 2010*.

Notas Biográficas

El **Dr. Manuel Arnoldo Rodríguez Medina** es profesor investigador del Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, en Cd. Juárez, Chihuahua, México. Terminó sus estudios de maestría y doctorado en el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez. Cuenta además con más de 20 años de experiencia como consultor industrial.

El **Ing. Manuel Iván Rodríguez** es estudiante de doctorado en New Mexico State University en Las Cruces Nuevo Mexico USA. Su maestría en Estadística es de The University of Texas at El Paso, de El Paso, TX. . Ha sido profesor en la Universidad Autónoma de Ciudad Juarez en el area de Confiabilidad, Diseño de Experimentos, Estadística y Cálculo. Ha presentado ponencias en congresos nacionales e internacionales.

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

Modelo de Suavización de Ponderaciones en la Toma de Decisiones Multicriterio

M.C. Manuel Alonso Rodríguez-Morachis[1], Dr. Humberto Hijar-Rivera[2], Ing. Luis Noé Rodríguez-Romero[3]

***Resumen*— En los escenarios de toma de decisiones multicriterio en el que participa un grupo de tomadores de decisiones, se pretende que las ponderaciones asignadas a los factores analizados sean lo más balanceadas posible para evitar tendencias. En este artículo, se presenta un modelo de suavización de ponderaciones en la toma de decisiones multicriterio, que pretende balancear las ponderaciones establecidas por los tomadores de decisiones. Existen varios modelos para ponderar criterios, tal como el Proceso Analítico Jerárquico (AHP, Analytic Hierarchy Process, por sus siglas en inglés), el cual se toma como referencia para mostrar la suavización del modelo propuesto. El modelo de suavización de ponderaciones, utiliza un análisis de correlación con la finalidad de verificar la relación existente entre las ponderaciones establecidas por los diferentes pares de tomadores de decisiones participantes.**

***Palabras claves*— Análisis Multicriterio, Toma de Decisiones, Ponderaciones, Tomadores de Decisiones.**

INTRODUCCIÓN. Dentro de los escenarios de toma de decisiones multicriterio en la industria, es importante contar con herramientas científicas que proporcionen información suficiente y confiable a los tomadores de decisiones que tienen la responsabilidad de mantener a las empresas en el ámbito competitivo global actual.

En muchas ocasiones, la toma de decisiones se realiza en base a la experiencia de la alta dirección, que se puede considerar como decisión jerárquica, influyendo sobre el equipo de decisores. Algunas veces, estas decisiones pueden ser erróneas repercutiendo negativamente en los resultados esperados.

Actualmente, existen varios modelos de toma de decisiones multicriterio que se han desarrollado, de los cuales el que se ha aplicado con más frecuencia en la industrial es el modelo; Proceso Analítico Jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés, Analytical Hierarchy Process). Sin embargo, se observó que en algunas aplicaciones reales del modelo AHP dentro de la industria metal-mecánica, realizadas por el autor, existe cierta tendencia hacia alguno de los factores considerados en el problema a resolver, sobre todo en la planeación de la producción de productos a manufacturar en una línea de producción común.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA. En la toma de decisiones multicriterio, la aplicación del modelo AHP dentro de la industrial-mecánica para resolver problemas reales de planeación de la producción de productos manufacturados en una línea de producción común, existe tendencia cuando se establece la preferencia mediante ponderaciones hacia alguno de los productos, lo que ocasiona que a algunos de ellos no se les dé la importancia requerida y se puede ocasionar que se programe su producción con muy baja prioridad o bien, se asignen recursos innecesarios a productos asignados con alta prioridad.

PRODUCTOS CONSIDERADOS. En este trabajo se consideraron cuatro productos a producir, los cuales son manufacturados en una línea de producción común, debido a sus características similares de manufactura. Estos productos son los modelos 445, 151, 154 y 169.

DELIMITACIONES. Esta investigación se delimita a la aplicación del modelo propuesto en una línea de producción de productos automotrices de una empresa metal-mecánica, donde se analizaron los resultados obtenidos aplicando el modelo de toma de decisiones multicriterio AHP.

JUSTIFICIACIÓN. Este modelo tiene su justificación en el sentido que los productos a manufacturar, deben tener prioridad semejante, ya que los clientes requieren que todos los productos le sean enviados en tiempo, por lo que el modelo presentado, balancea dichas prioridades mediante la asignación de ponderaciones equilibradas.

MARCO TEÓRICO. Dentro de los modelos de análisis multicriterio existentes, Aldain y Taylor (2005), mencionan que Tsamboulas et al. (1999), identificaron cinco modelos que consideraron los más convenientes para la evaluación del transporte, después de revisar los métodos en base a sus registros de seguimiento de aplicación y aceptación de los usuarios y, también examinando métodos en base a su aplicabilidad, requerimiento de datos, facilidad de uso y utilidad de resultados a diferentes situaciones de problemas. Estos cinco métodos son; REGIME, ELECTRE,

[1] M.C. Manuel Alonso Rodríguez Morachis, es profesor y Jefe de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Cd. Juárez, es estudiante del Doctorado en Ciencias en Ingeniería Industrial en la misma institución. manuel.r.morachis@gmail.com (Autor corresponsal)
[2] Dr. Humberto Hijar-Rivera, es profesor investigador de tiempo completo en la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Cd. Juárez.
[3] Ing. Luis Noé Rodríguez-Romero, es Ingeniero en Mecatrónica, estudiante de la Maestría en Ingeniería en Manufactura en la Universidad Autónoma de Cd. Juárez.

Proceso Analítico Jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés, Analytical Hierarchy Process), Teoría de Utilidad de Multi Atributos (MAUT, por sus siglas en inglés, Multi Attribute Utility Theory) y el Enfoque de Punto Ideal (método ADAM, The Attribute-Dynamic Attitude Model, por sus siglas en inglés), propuesto por Zeleny (1976, 1982). Los últimos tres métodos (AHP, MAUT y ADAM) pueden ser clasificados como modelos aditivos. Tsamboulas et al. (1999) evaluaron estos cinco métodos basados en su adecuación en el manejo de evaluaciones complejas y multidimensionales de proyectos de transporte. Un modelo de análisis multicriterio puede ser considerado como adecuado si tiene cuatro características principales; transparencia, simplicidad, robustez y responsabilidad. Un método es considerado como transparente, si es entendido y bien interpretado por el tomador de decisiones. Un método es considerado como simple, si puede proveer un método bien definido para representar situaciones de decisiones complejas y multidimensionales. Un método es considerado como robusto, si puede ser usado para analizar resultados simples capaces de ser utilizados para evaluar efectos directos e indirectos. Responsabilidad de los métodos de análisis multicriterio, significa que éstos deben ser capaces de ser utilizados para rastrear la decisión a través de las diferentes etapas del proceso.

Tsamboulas et al. (1999), no llegaron a una conclusión de cual método es el óptimo, sin embargo, sugieren que los métodos aditivos son los más confiables y de éstos, el AHP es el método que satisface todos los criterios mencionados. Además, basado en la apreciación de esos cinco métodos, Tsamboulas et al. (1999) mencionan que los resultados del método AHP puede ser considerado como una solución compromiso.

Sayers et al. (2003), también recomiendan el uso de métodos aditivos, especialmente el método lineal aditivo. El modelo lineal aditivo es ampliamente utilizado en la toma de decisiones, es un método robusto y tiene en gran parte respuesta intuitiva. Dentro de este método, los varios impactos de cada alternativa son ponderados utilizando valores numéricos llamados criterios de ponderación. Los criterios de ponderación son sumarizados para obtener un valor simple para cada alternativa por las cuales éstas son clasificadas. Este método es similar al análisis costo-beneficio, donde las ponderaciones monetarias son aplicadas.

En general, la forma básica para un método lineal aditivo simple es (Voogd, 1983; Jankowski, 1995):

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} c_{ij} w_j \quad ; \text{ para } i = 1, 2, 3, ..., m \tag{1}$$

o bien:

$$\begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ . \\ . \\ . \\ S_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ . & . & \dots & . \\ . & . & \dots & . \\ . & . & \dots & . \\ c_{m1} & c_{m2} & \dots & c_{mn} \end{bmatrix} \mathrm{X} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ . \\ . \\ . \\ w_n \end{bmatrix} \tag{2}$$

Donde S_i es una medida de evaluación para la alternativa i y c_{ij} es la medición de la alternativa i con respecto al criterio j (generalmente normalizada) y w_j es la ponderación del criterio j. Ésto implica que el valor más grande, es el mayor valor de S_i en la clasificación. Si se tienen n criterios entonces, se tiene que ponderar el vector W (Chen y Hwang, 1992):

$$W^T = (w_1, w_2, ..., w_n) \text{ y } \sum_{j=1}^{n} w_j = 1 \tag{3}$$

La principal dificultad en la aplicación del modelo lineal aditivo en la evaluación de proyectos de transporte es en la determinación del criterio de ponderación (w_j). Según Aldain y Taylor (2005), el uso de los valores de los tomadores de decisiones para juzgar en la determinación de los criterios de ponderación, no tuvo éxito en Francia. También resultó una gran diferencia entre modos de criterio tales como el valor del tiempo e índices de eficiencia. Por estas razones, la evaluación multicriterio es dejada y se regresó al uso de la evaluación monetaria donde los valores monetarios estandarizados son usados para la mayoría de los criterios (Quinet, 2000). Estableciendo un conjunto estándar de criterios de ponderación podría resolverlo pero se argumentó que la ponderación en un criterio puede variar en diferentes casos, ésto también puede reducir la flexibilidad del método al tomar en cuenta los objetivos particulares de cada proyecto. Por otro lado, dando total libertad al tomador de decisiones, podría llevar a la falta de

transparencia y responsabilidad. Entonces se puede destacar que hay una necesidad del método para determinar los criterios de ponderación que son coherentes y flexibles (Sayers et al. 2003).

La interpretación de las ponderaciones es diferente entre autores, ya que depende de los criterios de medición de los mismos en los problemas a resolver. La determinación de las ponderaciones puede ser clasificada como objetivas y subjetivas. En el enfoque objetivo, las ponderaciones son establecidas utilizando información de cada criterio a través de modelos matemáticos (Diakoulaki, et al. 1995). En el enfoque subjetivo, las ponderaciones son establecidas en base a juicios subjetivos de los tomadores de decisiones, los cuales establecen compromisos antes de tomar la decisión final.

Existen varios métodos para el establecimiento de ponderaciones subjetivas, siendo el AHP uno de los más utilizados. Considerando que también el método AHP fue el que mejores resultados proporcionó en la industria del transporte, se consideró como el modelo de referencia para aplicarlo en esta investigación utilizándolo como referencia y analizar las ponderaciones subjetiva a un problema de planeación de la producción en la industria.

MÉTODO AHP. El método AHP desarrollado por Saaty (1980), utiliza el principio de *eigenvector* de la matríz comparativa de pares para determinar los criterios de ponderación como resultado de los juicios subjetivos de los tomadores de decisiones. Es muy importante que los tomadores de decisiones comprendan la interpretación de los criterios de ponderación cuando se les solicite comparar la importancia de pares de criterios, por ejemplo; en la evaluación de la programación de la producción, ¿cual par de productos de entre los involucrados, tiene mayor importancia para que se cumpla con los requerimientos de los clientes?. Los juicios son establecidos de acuerdo a la tabla 1 desarrollada por Saaty (1994) con escala 1-9. Los juicios son sumarizados en una matríz de comparación por pares:

$$A=\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & w_1/w_2 & \cdots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & 1 & \cdots & w_2/w_n \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

La matríz (4), es una matríz recíproca en la cual todos los elementos son positivos. Contiene la comparación por pares, $a_{ij} = w_i/w_j$, donde w_i y w_j representan la importancia relativa de los criterios i y j respectivamente, sus recíprocos $a_{ij} = 1/a_{ij}$ y los elementos unitarios de la diagonal a_{ji}.

Tabla 1. Escala de la importancia de juicio para la comparación pareada (escala 1-9 de Saaty)

Intensidad de Importancia	Definición	Explicación
1	Igualmente importante	Dos actividades contribuyen igualmente a los objetivos
3	Moderadamente importante	La experiencia y el juicio le dan ligeramente preferencia a una actividad que a otra
5	Importante	La experiencia y el juicio le dan mucha importancia a una actividad que a otra.
7	Muy Importante	Una actividad es favorecida con mucha importancia, su dominio es demostrado el la práctica.
9	Extrema Importancia	La evidencia de favoritismo de una actividad sobre otra es del más alto órden de afirmación.
2,4,6,8	Para interpolación entre los valores anteriores.	Algunas veces es necesario interpolar un juicio de compromiso numéricamente porque no hay una buena descripción.

Multiplicando la matríz A por el vector de ponderaciones W, asumiendo que es conocido, resulta en $AW = nW$ donde w es el *eigenvector* principal de A, y n es entonces el *eigenvalue* de A.

$$(A - nI)W = 0 \tag{2}$$

o bien:

$$AW = \begin{bmatrix} 1 & w_1/w_2 & \cdots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & 1 & \cdots & w_2/w_n \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} = n \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} = nw \tag{3}$$

Si los juicios de los tomadores de decisiones son consistentes, de tal manera que todas las comparaciones pareadas son igual a: $a_{ik} = a_{ij} \times a_{ji}$ (para i, j y $k = 1,2,3,...n$), entonces el *eigenvector* de A es igual a n (Saaty, 1990). Sin embargo como la consistencia de los juicios raramente sucede, entonces el *eigenvalue* de A igual a 1, también raramente sucede, en consecuencia el valor mas grande del *eigenvalue* (λ_{MAX}) será siempre mayor o igual a n y la matríz (3) se transforma en:

$$AW = \lambda_{MAX} W \tag{4}$$

La ecuación (4) puede ser utilizada para determinar la importancia relativa para las comparaciones de los factores pareados. El vector de ponderaciones W es obtenido normalizando el *eigenvector* relacionado al valor más grande del *eigenvalue* (λ_{MAX}) para sumar 1. Varios métodos se han desarrollado para calcular el valor del *eigenvector* (W), así como el valor más grande del *eigenvalue* (λ_{MAX}) de la matríz cuadrada A. Esos métodos, son métodos *eigenvalue*; El método de Promedio de Columnas Normalizadas (ANC, Average of Normalised Column por sus siglas en inglés), el método de Normalización Promedio de Renglones (NRA, Normalisation of Row Averages, por sus siglas en inglés), y el método de Normaliación de la Media Geométria de los Renglones (NGM. Normalisation of the Geometric Mean, por sus siglas en inglés). Junto con estos métodos, se ha encontrado que el método *eigenvalue* es el mejor (Saaty, 1980 y Saaty y Vargas, 1982). El método NGM tiene la ventaja que es matemáticamente fácil de aplicar (Klungboonkrong, 1998). La ecuación (5) es la que determina el valor del *eigenvector* (W) por el método NGM y la ecuación (6) para calcular el valor más grande del *eigenvalue.*

$$w_i = \frac{\left(\prod_{j=1}^{n} a_{ij} \right)^{1/n}}{\sum_{k=1}^{n} \left(\prod_{j=1}^{n} a_{kj} \right)^{1/n}} \tag{5}$$

$$\lambda_{MAX} = \sum_{i=1}^{n} \left\{ \left(\sum_{j=1}^{n} a_{ij} \right) w_i \right\} \tag{6}$$

La cercanía entre λ_{MAX} y n puede ser utilizada para medir el grado de inconsistencia de la matríz cuadrada A, el valor más cercano entre λ_{MAX} y n es el más consistente de la matríz A. Saaty (1980), estableció el Índice de Consistencia IC de la matríz cuadrada A como:

$$IC = \frac{\lambda_{MAX} - n}{n - 1} \tag{7}$$

MODELOS DE SUAVIZACIÓN DE PONDERACIONES. Tomando como referencia la tabla 1, se pueden asignar ponderaciones directas por parte de los tomadores de decisiones mostradas en la tabla 2. Considerando que el modelo, es un modelo simple aditivo, se asume que la suma toral de dos criterios i y j, es 1. Por ejemplo si $w_i = 0.2$ y $w_j = 0.8$, entonces el total de la alternativa k es (1 X 0.2) + (1 X 0.8) = 0.16, o sea, que del total de la alternativa k, la proporción del criterio i es 0.2 y la proporción del criterio j es 0.8.

Tabla 2. Proporción de Criterios *i* y *j*

Criterio *i* (%)	Criterio *j* (%)	Definición
50	50	*i* y *j* son igualmente importantes
60	40	*i* es moderadamente más importante que *j*
70	30	*i* es más importante que *j*
80	20	*i* es mucho más importante que *j*
90	10	*i* es extremadamente más importante que *j*
50 + P	50-P	Puntos intermedios 0 < P < 50

En el modelo de suavización de ponderaciones, las asignaciones de todos los pares, se establecen en una matríz donde $a_{ij} + a_{ji} = 1$ y $0 < a_{ij} < 1$,y los elemento de la diagonal son ceros. Por lo que se tiene la matríz:

$$A=\begin{bmatrix} 0 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ 1-a_{12} & 0 & \cdots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ 1-a_{1n} & 1-a_{2n} & \cdots & 0 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} 0 & b_{12} & \cdots & b_{1n} \\ b_{21} & 0 & \cdots & b_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ b_{n1} & b_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix} \tag{8}$$

y

$$p_i=\frac{\sum_{j=1}^{n} b_{ij}}{C_2^n} \tag{9}$$

La ecuación (9), establece la ponderación del criterio *i*, asignado por cada tomador de decisiones. Entonces se establece la ponderación del grupo de tomadores de decisiones para cada criterio, el cual es obtenido por el modelo de suavización de ponderaciones. Los juicios subjetivos no son consideraos directamente, sin embargo la relación de los juicios subjetivos de cada tomador de decisiones es tomada en cuenta. El coeficiente de correlación entre las ponderaciones subjetivas de los diferentes tomadores de decisiones involucrados puede ser utilizado para medir esta relación. Un coeficiente de correlación alto de los juicios subjetivos entre dos tomadores de decisiones significa un alto grado de acuerdo, y un coeficiente de correlación negativo, significa total desacuerdo. La ponderación de cada tomador de decisiones puede ser determinada por la ecuación (12), donde p_d es la ponderación del tomador de decisiones *d*, *t* es la cantidad de tomadores de decisiones y r_{dm} es el coeficiente de correlación de los juicios subjetivos entre los tomadores de decisiones *d* y *m*. El valor exponencial es para convertir todos los coeficientes de correlación como positivos.

$$c_d=\left(\sum_{m=1}^{t} e^{r_{dm}}\right)-e^{r_{dd}} \tag{10}$$

$$r_{dm}=\frac{\sigma_{dm}}{\sigma_d\,\sigma_m} \tag{11}$$

y

$$p_d=\frac{c_d}{\sum_{m=1}^{t} c_m} \tag{12}$$

La ponderación del grupo de tomadores de decisiones (p_{jg}) se determina con la ecuación (13) donde p_{jd} es la ponderación del criterio *j* de acuerdo al tomador de decisiones *d*.

$$p_{jg}=\sum_{d=1}^{t} p_d\,p_{jd} \tag{13}$$

RESULTADOS. Los productos 445, 151, 154 y 169 fueron considerados para establecer las prioridades a considerar en la línea de ensamble *medium brake shoes*. Las ponderaciones subjetivas las realizaron 4 gerentes involucrados en la planeación de la producción. Utilizando el método AHP, las ponderaciones obtenidas utilizando la tabla 1 y la ecuación (5) fueron las siguientes:

Tabla 3. Ponderaciones Obtenidas por el Tomador de Decisiones 1 Utilizando AHP.

	Producto 445	**Producto 151**	**Producto 154**	**Producto 169**	w_i
Producto 445	1	1	3	5	0.8152
Producto 151	1	1	1	3	0.1631
Producto 154	0.333	1	1	1	0.0181
Producto 169	0.2	0.333	1	1	0.0036

Tabla 4. Ponderaciones de los tomadores de decisiones Utilizando AHP

	Tomador de Decisiones 1	**Tomador de Decisiones 2**	**Tomador de Decisiones 3**	**Tomador de Decisiones 4**
Producto 445	0.8152	0.9774	0.9527	0.87
Producto 151	0.1631	0.0217	0.0454	0.1243
Producto 154	0.0181	0.00044	0.0181	0.0049
Producto 169	0.0036	0.000096	0.00087	0.00071

Utilizando la tabla 2 y las ecuaciones (9), (10), (11) y (12) del modelo de Suavización de Ponderaciones se obtuvo:

Tabla 5. Ponderaciones Obtenidas por el Tomador de decisiones 1 Utilizando Modelo de Suavización de Ponderaciones.

	Producto 445	**Producto 151**	**Producto 154**	**Producto 169**	**Total**	**Ponderación**
Producto 445	0	0.5	0.6	0.7	1.8	0.3
Producto 151	0.5	0	0.5	0.6	1.6	0.2666
Producto 154	0.4	0.5	0	0.5	1.4	0.2333
Producto 169	0.3	0.4	0.5	0	1.2	0.2

Tabla 6. Ponderaciones de los Tomadores de Decisiones Utilizando el Modelo de Suavización de Ponderaciones

	Tomador de Decisiones 1	**Tomador de Decisiones 2**	**Tomador de Decisiones 3**	**Tomador de Decisiones 4**
Producto 445	0.3	0.4	0.35	0.3333
Producto 151	0.2666	0.3	0.28	0.2833
Producto 154	0.2333	0.2	0.22	0.2166
Producto 169	0.2	0.1	0.15	0.1666

Tabla 7. Coeficientes de Correlación.

	Tomador de Decisiones 1	**Tomador de Decisiones 2**	**Tomador de Decisiones 3**	**Tomador de Decisiones 4**
Tomador de Decisiones 1	1	-0.4773	-0.4878	-0.456
Tomador de Decisiones 2	-0.4773	1	0.9995	0.9983
Tomador de Decisiones 3	-0.4878	0.9995	1	0.9961
Tomador de Decisiones 4	-0.456	0.9983	0.9961	1

Tabla 8. Ponderaciones de los Tomadores de Decisiones

	Tomador de Decisiones 1	**Tomador de Decisiones 2**	**Tomador de Decisiones 3**	**Tomador de Decisiones 4**	c_d	p_d
Tomador de Decisiones 1	2.718	0.6204	0.6139	0.6338	1.8681	0.0934
Tomador de Decisiones 2	0.6204	2.718	2.7169	2.7136	6.0509	0.3025
Tomador de Decisiones 3	0.6139	2.7169	2.718	2.7077	6.0385	0.3019
Tomador de Decisiones 4	0.6339	2.7136	2.7077	2.718	6.0551	0.3027

Utilizando la ecuación (13) del modelo de suavización de ponderaciones, se obtienen las ponderaciones combinadas de los 4 tomadores de decisiones para los productos 445, 151, 154 y 169; 0.3554, 0.2858, 0.2142 y 0.1446 respectivamente.

CONCLUSIONES. Observando los resultados mostrados desde las tablas 4 y 6, las ponderaciones obtenidas por el modelo de suavización de ponderaciones, equilibra las mismas, disminuyendo las potenciales tendencias debido al concepto de jerarquización. Ésto ayuda a establecer las importancias relativas que pueden tener varios productos que requieren ser producidos en una línea de producción común de tal manera que todos deben ser manufacturados para satisfacer las necesidades de los clientes.

REFERENCIAS:

[1] Aldian, A. y Taylor, M.A.P. (2003). "Fuzzy Multicriteria Analysis for Inter-city Travel Demand Modeling". *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*. 5, 1294-1307.
[2] Chen, S.J. y Hwang, C.L. (1992). Fuzzy Multiple Attribute Decision Making-Methods and Applications. Springer-Verlag, Berlin.
[3] Diakoulaki, D., Mavrotas, G. y Papayannakis, L. (1995). "Determination Objective Weights in Multiple Criteria Problems; The CRITIC Method." *Computer Operations Research*. 22 (7), 763-770.
[4] Jankowski, P. (1995). "Integrating Geographical Information Systems and Multiple Criteria Decision-Making Methods". *International Journal of Geographical Information Systems*. 9 (3), 251-273.
[5] Klungboongkrong, P. (1998). Development of a Decision Support Tool for the Multicriteria Environmental Impact Evaluation of Urban Road Network PhD. Thesis. University of South Australia.
[6] Quinet, E. (2000). "Evaluation Methodologies of Transportation Projects in France". *Transport Policy*. 7, 27-34.
[7] Saaty, T.L. (1980). The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. McGraw-Hill International Book Co.
[8] Saaty, T.L. y Vargas, L.G. (1982). The Logic of Priorities, Applications in Business,Energy, Health, Transportation. Kluwer-Nijhoff Publishing, Boston, MA, USA.
[9] Saaty, T.L. (1990). "How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process". *European Journal of Operational Research*. 48, 9-26.
[10] Saaty, T.L. (1994). "How to Make Decision: The Analytical Hierarchy Process." *Interfaces*. 24 (6), 19-43.
[11] Sayers, T.M., Jessop, A.T. y Hills, P.J. (2003). "Multi-criteria Evaluation of Transport options-flexible, transparent and user-friendly?". Transport Policy. 10, 95-105.
[12] Tsamboulas, D., Yiotis, G.S. y Panou, K.D. (1999). "Use of Multicriteria Methods for Assessment of Transport Projects". *Journal of Transportation Engineering*. 125 (5), 407-414.
[13] Voogd, H. (1983). "Multicriteria Evaluation for Urban and Regional Planning". Pion, 207. Brondesbury Park. London, UK.
[14] Zeleny, M. (1976). "The Attribute-Dynamic Attitude Model (ADAM)". *Management Science*. 23 (1), 12-26.
[15] Zeleny, M. (1982). Multiple Criteria Decision Making. McGraw-Hill, New York, NY.

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

Implementación del Control Estadístico de Calidad en el proceso de fabricación del Hilo Calibre 1/18 en una empresa Textil Poblana.

Dr. Luis Cuautle Gutiérrez (Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, UPAEP)[1], Ing. Rosa Velia Rodríguez Ríos (UPAEP) [2] e Ing. Marytere Tlalmis Vázquez (UPAEP)[3].

***Resumen*—La industria textil Poblana se enfrenta ante nuevos retos debido al creciente cierre de empresas; las cuales han sido afectadas por la falta de calidad, competitividad y ausencia de tecnologías, por lo que se perjudica la entrega en tiempo y forma del producto al cliente inmediato. La investigación se realizó en el proceso de preparación del área de Hilatura dentro de una empresa Textil Poblana de tejido de punto, donde se presentan con mayor frecuencia problemas de calidad en el producto que atrasan los procesos siguientes. Utilizando el Control Estadístico de Calidad se realizaron gráficas de control por variables y se calculó el índice de capacidad de proceso finalizando en un plan de muestreo según norma militar STD 414; se analizó el proceso del hilo Calibre 1/18 para identificar y diagnosticar los procesos que están fuera de control y perjudican la entrega del producto.**

***Palabras claves*— Control Estadístico de Procesos (SPC), Gráficas de Control por variables (X-R), Índice de Capacidad del proceso (Cpk), Plan de Muestro de Aceptación Norma Militar STD 414 (ANSI/ASQC Z1.9).**

INTRODUCCIÓN

Los procesos de fabricación son el conjunto de operaciones necesarias para modificar las características de las materias primas. Dichas características pueden ser de naturaleza muy variada tales como la forma, la densidad, la resistencia, el tamaño o la estética.

La industria es el conjunto de procesos y actividades que tienen como finalidad transformar las materias primas en productos elaborados, de forma masiva. Existen diferentes tipos de industrias, según sean los productos que fabrican.

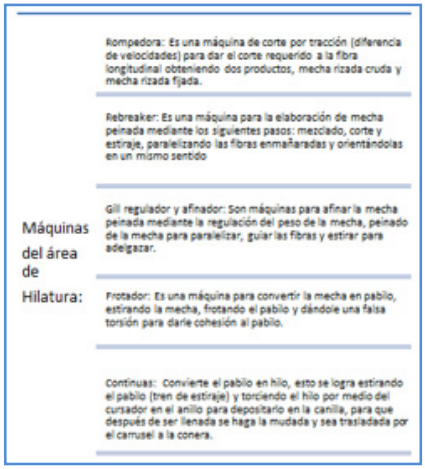


Figura 1. Máquinas en el área de Hilatura

La industria textil es el nombre que se da al sector de la economía dedicado a la producción de ropa, tela, hilo, fibra y productos relacionados.

En 1835 se fundó en Puebla la primera industria textil de América Latina (4). Por muchos años fue de las industrias más fuertes del estado por lo que los mismos empresarios se confiaron de la empresa y no se percataron de la necesidad de modernizar su maquinaria y competir contra otras compañías.

La industria textilera se encuentra en estado de declive y las principales causas del cierre de estas se debe a que lo clientes no tienen dinero y las telas extranjeras entran con mucha facilidad a un precio mucho menor que la nacional.

La hilatura es un proceso industrial en el que a base de operaciones más o menos complejas, con las fibras textiles, ya sean naturales o artificiales, se crea un nuevo cuerpo textil fino, alargado, resistente y flexible llamado hilo (Perinat, 1997).

El hilo es el conjunto de fibras textiles, continuas o discontinuas, que se tuercen juntas alcanzando una gran longitud y que es directamente empleado para la fabricación de tejidos y para el cosido de estos. Si son fibras de filamento continuo se las denomina Hilo Continuo, y si se trata de fibras discontinuas formarán el llamado Hilado (Perinat, 1997). En la Figura 1 se muestra la descripción del proceso de Hilatura dentro de la Textilera Poblana.

[1] Dr. Luis Cuautle Gutiérrez es Profesor de Ingeniería Industrial en la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, Puebla, México. luis.cuautle@upaep.mx
[2] Ing. Rosa Velia Rodríguez Ríos es Becaria Conacyt de la Maestría de Sistemas Integrados de Manufactura y Estrategias de Calidad en la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, Puebla, México. rosavelia.rodriguez@upaep.edu.mx (autor corresponsal)
[3] Ing. Marytere Tlalmis Vázquez es Becaria Conacyt de la Maestría de Sistemas Integrados de Manufactura y Estrategias de Calidad en la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, Puebla, México. marytere.tlalmis@upaep.edu.mx

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Reseña de la aplicación del método

La metodología (3) usada en el desarrollo de este proyecto está basada en la implementación de las gráficas de control por variables de medias individuales y rangos móviles, así como de la herramienta básica de calidad (Hoja de Verificación y Diagrama de Pareto).

Para la realización de la metodología se realizó ***el primer paso*** que es selección de la característica de calidad, que en este caso se midió el Nm (número métrico) o grosor del hilo 1/18 (gr/m).

El segundo paso fué escoger el subgrupo racional (muestra), de acuerdo a la norma ANSI/ASQZ19-1993 con un tamaño de lote 400 le corresponde una muestra de 20.

El tercer paso fue reunir los datos, debido a que la tasa de producción es demasiado lenta para permitir tamaños muéstrales más grandes, se estratificaron los 6 subprocesos que corresponden al área de Hilatura para poder recolectar los datos y así analizar donde está el problema.

El cuarto paso fue realizar el análisis de los procesos donde por medio de una tabla se registró las 20 muestras con sus 6 subprocesos del área de hilatura. (Cuadro 1).

m	Rompedora	Re-breaker	Regulador	Afinador	Frotador	Continua
1	31.016	23.198	24.951	11.213	1.201	17.373
2	31.068	23.440	24.932	11.108	1.187	17.857
3	30.769	24.879	24.762	11.136	1.195	17.730
4	34.934	23.258	25.193	11.140	1.187	18.041
5	34.26	23.610	24.879	11.144	1.212	17.434
6	34.613	23.000	24.843	11.113	1.185	17.569
7	30.523	23.577	26.252	11.178	1.194	17.319
8	33.008	22.681	24.752	11.168	1.195	17.572
9	33.656	23.083	24.910	11.106	1.208	17.940
10	33.235	23.060	24.536	11.157	1.19	17.677
11	34.18	23.347	24.911	11.249	1.192	17.337
12	31.601	23.211	24.978	11.234	1.217	17.848
13	30.411	22.625	24.992	11.278	1.185	17.627
14	34.326	22.814	24.955	11.291	1.191	17.443
15	32.761	23.499	24.961	11.263	1.19	17.724
16	31.709	23.550	25.128	11.089	1.194	17.334
17	30.89	23.360	24.376	11.145	1.192	17.921
18	31.68	23.467	24.940	11.216	1.212	17.947
19	35.158	23.383	24.635	11.257	1.192	18.012
20	33.694	25.932	24.637	11.130	1.221	17.813

Cuadro 1: Registro de muestras de los subprocesos del área de hilatura.

El quinto paso y último fue determinar en forma tentativa la línea central y los límites de control, cada subproceso maneja límites de especificación diferentes de acuerdo a las necesidades del proceso. Como se muestra en la Cuadro 2 con cada límite de especificación de cada subproceso.

LIMITES DE ESPECIFICACIÓN POR SUBPROCESO.						
	Nm (numero métrico)					
Limites	Rompedora	Re-breaker	Regulador 1ª	Afinador	Frotador	Continua
LCI	29.1 gr/mt	22.31 gr/mt	24.25 gr/mt	10.86 gr/mt	1.16 gr/mt	17.89 gr/mt
LC	30 gr/mt	23 gr/mt	25 gr/mt	11.2 gr/mt	1.2 gr/mt	17.59 gr/mt
LCS	30.9 gr/mt	23.69 gr/mt	25.75 gr/mt	11.54 gr/mt	1.24 gr/mt	17.29 gr/mt

Cuadro 2: Límites de Especificación por Subproceso.

Descripción del problema:

En el área de hilatura en el proceso de preparación (Rompedora, Re-breaker, Regulador, Afinador y frotador) se tienen problemas de entrega al cliente inmediato (Tejido) con el hilo MF-KTX (calibre) 1/18, debido a que no se cumplen con las especificaciones de Nm (grosor de hilo) del material que requiere para el proceso.
Por lo tanto no se están cumpliendo con la entregas en tiempo y forma a uno de nuestros principales clientes finales.

COMENTARIOS FINALES

Resumen de resultados

En base a los datos obtenidos se calcula la frecuencia de muestras que no cumplen con los límites de especificación de cada subproceso para encontrar cual es el que genera problema en todo el proceso de hilatura. Mediante nuestra primera herramienta de calidad que es la hoja de verificación donde nos muestra los totales de los subproceso de hilatura. (Cuadro 3).

La mayor frecuencia de defectos en los procesos se da en la rompedora siguiendo la regla del 80,20 si se resuelven los defectos en los procesos de Rompedora y Continua, se eliminará el 87.5 % de los rechazos por no cumplir con los límites de especificación. (Figura 2).

HOJA DE VERIFICACIÓN

Producto: KTX-MF- 1/18
Fecha: 12-Nov-2010
Inspector: Adolfo Reyes

PROCESO	FRECUENCIA DE DEFECTOS DE ESPECIFICACION DEL CLIENTE	SUBTOTAL
Rompedora		16
Re-breaker	----------	0
Regulador		15
Afinador	----------	0
Frotador	----------	0
Continua		5
	total	36

Cuadro 3: Hoja de Verificación.

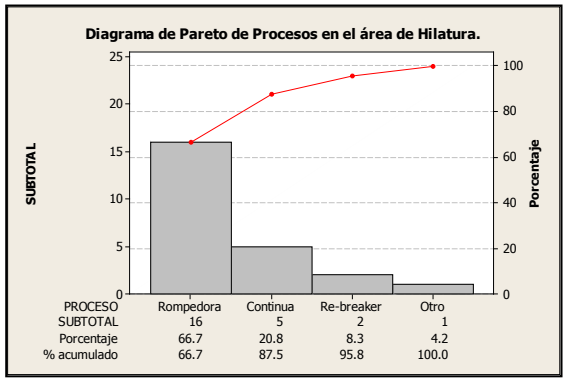


Figura 2. Diagrama de Pareto de Procesos en el área de Hilatura.

Las gráficas de control de variables nos proporcionan la información necesaria para determinar la capacidad del proceso, tomar decisiones respecto a las especificaciones del producto y por lo tanto para tomar decisiones del momento respecto al proceso de producción (3).

Por cuestiones de espacio solo se mostrarán los análisis para los procesos que presentan problemas dentro del área de Hilatura de acuerdo a nuestro Diagrama de Pareto.

Mediante el cálculo de la capacidad del proceso de Rompedora (ver Figura 3) y de Continua (Ver Figura 4) en hilo de Calibre 1/18, podemos observar lo siguiente:

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

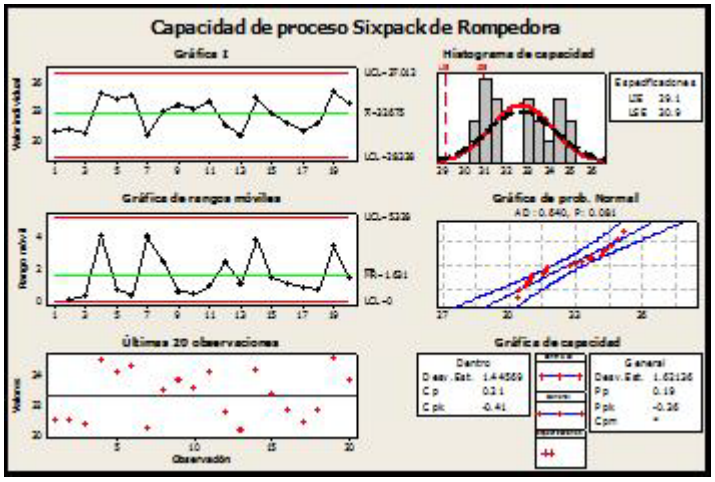


Figura 3. Gráfica de la capacidad del proceso Sixpack de Rompedora.

Cp: El proceso es incapaz de cumplir con las especificaciones del cliente. No es adecuado para el trabajo. Existe un problema grande en el proceso.

Cpk: El procesos se encuentra descentrado, por lo que la media del proceso está fuera de las especificaciones.

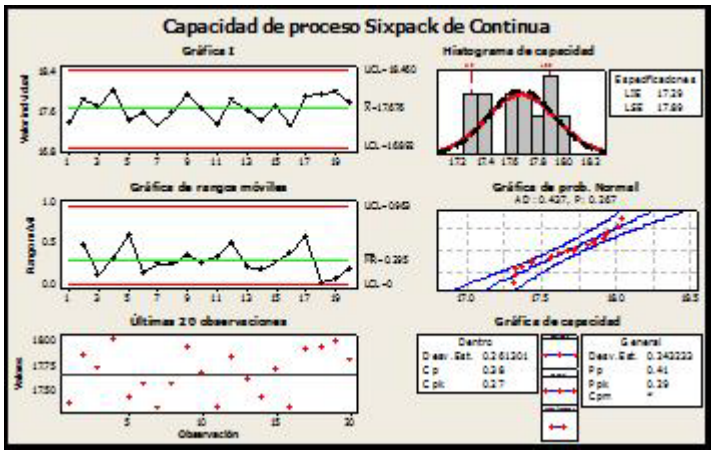


Figura 4. Gráfica de la capacidad del proceso Sixpack de Continua.

Cp: El proceso es incapaz de cumplir con las especificaciones del cliente. No es adecuado para el trabajo. Existe un problema grande en el proceso.

Cpk: El procesos se encuentra descentrado, n por lo que la media del proceso está fuera de las especificaciones.

Mediante las gráficas de medias y Rangos moviles con Límites de especificación podemos verificar lo que la Capacidad del proceso nos ha ayudado a concluir: el proceso no cumple con los límites de especificación del cliente ni en el proceso de Rompedora (Figura 5) ni en el proceso de Continua (Figura 6).

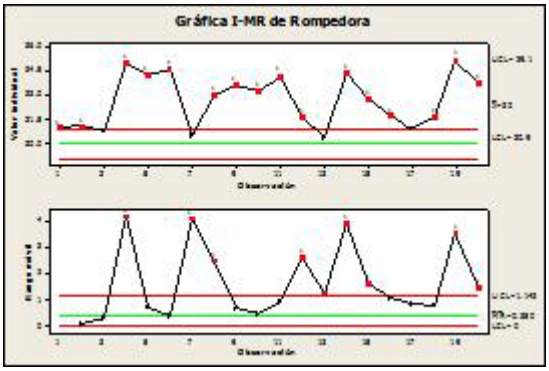


Figura 5. Gráfica I-MR del proceso de Rompedora.

Interpretación:
Los promedio de Nm del calibre 1/18 en el proceso de rompedora, están fuera del control estadístico de proceso en 16 muestras.

Interpretación:
Los rangos de Nm del calibre 1/18 en el proceso de rompedora no están bajo control estadístico de proceso.

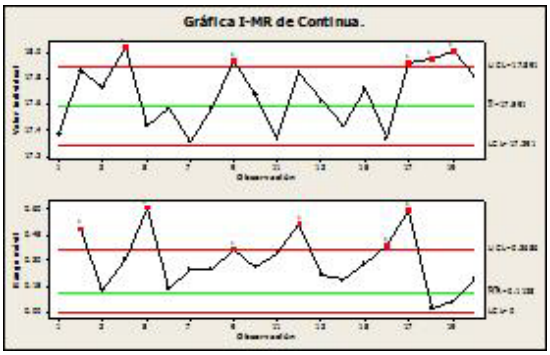


Figura 6. Gráfica I-MR del proceso de Continua.

Interpretación:
Los promedio de Nm del calibre 1/18 en el proceso de continua, están fuera del control estadístico de proceso en 5 muestras.

Interpretación:
Los rangos de Nm del calibre 1/18 en el proceso de continua no están bajo control estadístico de proceso.

En conclusión podemos ver que ninguno de los dos procesos (Rompedora y Continua) se encuentra bajo control estadístico de procesos.

El Plan de Muestreo según norma militar STD414 fue modificada por la *American Society for Quality* para que se apegara más a la ANSI/ASQ Z1.4 y a la ISO /DIS 3951 (2). Esta norma nos permite evaluar un lote para determinar su es aceptado o no para la fabricación de nuestro producto.

De la TABLA 10-19 (Besterfield, pp. 451) podemos deducir que nuestro tamaño de lote de 400 conos se encuentra en el intervalo de 501 a 800. Y debido a que queremos una distribución normal debemos de tomar la columna numero 4 (II GENERAL).

En la TABLA 10-20 (Besterfield, pp. 452) encontramos la letra H la cual nos señala un tamaño muestral n=20 al cual aplicaremos un Nivel de Calidad Aceptable (NCA) de 1%. Teniendo como resultado para una nuestra muestra de inspección normal M=2.93% y para una muestra de inspección estricta M=2.03%. Esto quiere decir que durante una inspección normal el área de tejido aceptara solo el 2.93 % de producto no conforme del área de hilatura (12 conos del lote de 400), mientras si la inspección es estricta solo aceptara 2.03% de basura (8 conos del lote de 400).

Nota: NCA = 1% Señalado por el área de Tejido (cliente) a el área de Hilatura (Proveedor).

Por lo tanto podemos concluir, que para valores de M tenemos los siguientes criterios:

Inspección normal = 2.93%. Fracción disconforme máxima aceptable
Inspección estricta = 2.03%. Fracción disconforme máxima aceptable

Teniendo como condiciones de aceptación o rechazo:

$p_{LIE} + p_{LSE} <= M$ Se acepta el lote
$p_{LIE} + p_{LSE} > M$ Se rechaza el lote

RECOMENDACIONES

Se encontró que el proceso de continuas se encuentra fuera de control ya que no se cumple con los límites de especificación de tejido para el Nm por lo tanto se realizó el análisis de todos los procesos anteriores para ver desde donde se encuentra el problema.

Se encontró que desde el proceso de rompedora (primer proceso) no se cumple con los requerimientos de especificación.

Se encontró que al proveedor de materia prima no se le auditan las pacas de la fibra por lo que se tiene que realizar un plan de control para el recibo de materiales calificando resistencia y encogimiento.

Si desde el principio la materia fuera conforme es probable que el proceso de tejido tenga una buena aceptación por parte de hilatura.

REFERENCIAS

1. De Perinat, M. (1997) Tecnología de la confección textil, EDYM, España.
2. Besterfield, Dale H. (2009) Control de Calidad 8 ED, Prentice Hall, 552 pág.
3. Gutiérrez Pulido, H y De la Vara Salazar, R. (2009) Control estadístico de calidad y seis sigma, Mc. Graw Hill, México, 481 pág.
4. http://www2.eluniversal.com.mx/pls/impreso/noticia.html?id_nota=40475&tabla=estados

NOTAS BIOGRÁFICAS

El **Dr.** Luis Cuautle Gutiérrez es coordinador de la Facultad de Ingeniería Industrial y Automotriz en la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP). Su maestría en Ingeniería de Calidad es de la Universidad Iberoamericana Puebla. Su Doctorado es en Sistemas Integrados de Manufactura y Estrategias de Calidad por parte de la UPAEP. Luis ha realizado trabajos de consultoría en la implementación de sistemas de gestión de calidad y medio ambiente en empresas de manufactura y del sector gobierno.

La Ing. Rosa Velia Rodríguez es alumna y Becaria Conacyt de la Maestría en Sistemas Integrados de Manufactura y Estrategias de Calidad en la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Rosa Velia ha trabado por años dos en el área de Planeación y Desarrollo en la fabricación fundas plásticas para la industria cárnica mundial Visko, S.A. de C.V. en la ciudad de Nuevo Laredo, en el estado de Tamaulipas, México.

La Ing. Marytere Tlalmis Vázquez es alumna y Becaria Conacyt de la Maestría en Sistemas Integrados de Manufactura y Estrategias de Calidad en la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Maytere trabajó por dos años en el área de Planeación Construcción Carrocerías en Volkswagen de México.

Conteo de objetos dinámicos en líquidos mediante seguimiento de rutas

MC. Dora Aydee Rodríguez Vega[1], MC. Abraham Briseño Cerón[2], MCP. Víctor Manuel Rodríguez Velázquez[3] y Dr. Víctor Núñez Nalda[4]

Resumen—**En este trabajo se analiza el problema del seguimiento de objetos en video, para contar el total de elementos que cruzan en el campo de visión, determinar velocidad y trayectoria, haciendo uso del algoritmo de búsqueda ortogonal, así como características de tamaño y nivel de gris. Esta implementación lleva la cuenta de objetos que han cruzado el campo de visión mediante su detección a la entrada, seguimiento de trayectoria y salida, haciendo uso de arreglos dinámicos para guardar la información de la cantidad de objetos que cruzaron el campo de visión y mediante el parámetro de velocidad de adquisición de la cámara es posible determinar la velocidad del objeto. Este trabajo pretende aplicarse a un sistema contador de larvas de camarón que entregue información de tamaño y color de las larvas así como su trayectoria para estadísticas de compra-venta.**

***Palabras claves*— Contar, Visión, Velocidad, Trayectoria y Búsqueda Ortogonal.**

Introducción

La aplicación del procesamiento de imágenes, la visión por computadora y el cálculo computacional han sido de gran importancia en áreas como medicina, industria, meteorología (visión por satélite), reconocimiento de patrones, entre otras, para el aumento en la precisión de los resultados y por lo tanto han facilitado la toma de decisiones a partir de los mismos, definición elaborada por Rafael González, en el libro Digital Image Processing en 2002. El contar con un sistema de visión por computadora para el control de procesos (automatización), o para el control de calidad (toma de decisiones) es de gran utilidad ya que a través de una cámara conectada a una computadora se pueden obtener imágenes con detalles que a simple vista no se pueden observar. El campo de Visión por Computadora ha experimentado un desarrollo por más de 30 años de investigación resultando en un gran número de algoritmos diferentes y sistemas. Pero según Sablatnig Robert,1997, el problema es cómo aplicar la tecnología a una aplicación específica y óptima, desde el punto de vista de la industria, existiendo tres dificultades principales para la aplicación de un sistema de inspección visual:

- Costo: Desarrollo de software para visión es una gran parte del costo de una nueva aplicación.
- Tecnología: El desarrollo de sistemas de inspección visual requiere ambiente controlado, posiciones precisas, iluminación controlada, no puede manejar sombras u obstrucciones.
- Soluciones Específicas: Las soluciones son para aplicaciones específicas y no pueden ser reutilizadas en otra aplicación.

Actualmente existen dispositivos que hacen uso de visión por computadora para resolver un sin fin de problemas, en cuanto a dispositivos relacionados con conteo de elementos tenemos los siguientes:

1. Contador de Colonias Schütt ColonyQuant: Con una cámara y una computadora cuenta elementos fijos, con mayor información en http://www.biotech-sl.com/contadores/.
2. Contador de células en levadura: Hace uso de una cámara para contar las células inmersas en líquido, sin embargo solo trabaja con una imagen, difundido en la página: http://www.biocompare.com/technicalarticle/1486/New-Automated-Yeast-Cell-Counter-Ends-Tedium-Errors-Of-Manual-Counting-from-New-Brunswick-Scientific-Co-Inc.html
3. Contador de Células Somáticas: Mediante una cámara toma dos fotografías de las células contenidas en la leche, mostrando los resultados en una pantalla, como esta en la url: http://www.cuencarural.com/lecheria/recuento_de_celulas_somaticas_en_granjas_de_vacuno_lechero_importancia_y_utilidad_de_su_deteccion_instantanea_en_la_propia_granja/
4. Cell Vital Analyzer System: Software que hace uso de un microscopio para contar el número de células con solo ajustar el foco, pero de nuevo solo cuenta el número de células mediante una imagen, sitio web http://www.yamato-net.co.jp/english/products/bio/da_sell.htm.

También se han desarrollado algoritmos de procesamiento de imágenes para el conteo de espermatozoides, por el Dr. Chacón Mario, publicados en el libro Procesamiento Digital de Imágenes en el 2007, donde se hace uso de videos de muestras

[1] MC. Dora Aydee Rodríguez Vega, Profesor Investigador en Mecatrónica en la Universidad Politécnica de Sinaloa, Mazatlán, Sinaloa. drodriguez@upsin.edu.mx
[2] MC. Abraham Briseño Cerón, Profesor Investigador en Informática en la Universidad Politécnica de Sinaloa, Mazatlán, Sinaloa. abriseno@upsin.edu.mx **(autor corresponsal).**
[3] MCP. Víctor Manuel Rodríguez Velázquez, Profesor Investigador en Mecatrónica en la Universidad Politécnica de Sinaloa, vmrogriguez@upsin.edu.mx
[4] Dr. Víctor Núñez Nalda, Profesor Investigador en Mecatrónica en la Universidad Politécnica de Sinaloa, jnunez@upsin.edu.mx

de semen humano para determinar la cantidad de espermatozoides presentes en la muestra así como el tipo de trayectorias, características específicas para determinar la fertilidad. En 2006, en el IEEE Sensor, Chen-Chen Lin propone un sistema microfluídico para el reconocimiento, conteo y selección de células y/o micropartículas utilizando técnicas de procesamiento de imágenes. Este sistema hace uso de una cámara de alta velocidad para capturar imágenes, mediante el procesamiento de las mismas, toma la decisión para la selección e induce los elementos por un canal de salida, mediante la técnica de "optical tweezing".

Esta investigación estará aplicada para el conteo de larvas de camarón en sus diferentes etapas, información proporcionada por Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Sinaloa y extraída en el Manual para la cría de camarones peneidos, para llevar el conteo de producción e inspección de calidad adecuados, en primera instancia se da solución a la parte de conteo de los elementos dinámicos sobre fluidos, para lo cual se pretende diseñar una plataforma para el conteo de larvas de camarón mediante procesamiento de imágenes, que contemple:

- Diagnóstico para determinación de los parámetros para la adquisición de imágenes como aumento, foco, abertura, distancia entre la cámara y el canal de flujo del agua, cantidad y tipo de iluminación.
- Diseño del mecanismo para el control de flujo del agua, donde estarán inmersas las larvas
- Desarrollo de algoritmos para el conteo mediante el seguimiento de rutas
- Desarrollar el software de presentación de resultados.

Desarrollo

Este método consiste en la detección de movimiento para seguimiento de trayectorias y obtención de características de los elementos. Se inicia con la binarización de la imagen actual *I(x,y,t)*, donde se tienen las coordenadas del pixel en *(x, y)* en un tiempo t. Posteriormente se obtiene la cantidad de elementos en la imagen mediante conectividad 8, así como su área, para cada uno de los objetos se obtiene su centro de masa con coordenadas *(x,y)*, bajo las siguientes ecuaciones

$$Xc = \frac{1}{A}\sum_{i=0}^{N} x \qquad \text{Y} \qquad Yc = \frac{1}{A}\sum_{i=0}^{N} y$$

donde *A* es el área del objeto, y *(x, y)* son las coordenadas de los pixeles que forman el objeto, los centros se almacenan en un arreglo dinámico con los datos de Centro, Area y Nivel de Gris Promedio, se requiere que el arreglo sea dinámico ya que es posible que en el tiempo *t+1* entren nuevos elementos y otros salgan.

El siguiente paso fue, en primera instancia, analizar el siguiente frame *I(x,y,t+1)* y obtener los datos nuevos, sin embargo, por la forma en que se asigna la etiqueta de número de elemento y por el movimiento de los mismos elementos, era difícil definir qué datos del primer arreglo coincidían con los datos del segundo arreglo y estar seguros de que los datos correspondían al mismo elemento en el tiempo *t* y *t+1,* es decir, teníamos datos de diferentes frames pero no era posible establecer la trayectoria del elemento, por lo que se optó por seguir el algoritmo de Chacón y Valdez mencionado por Mario Chacón y hacer uso de la búsqueda ortogonal para relacionar correctamente los datos del arreglo correspondiente a *t* y el correspondiente a *t+1* y así poder identificar la trayectoria del objeto.

El algoritmo de búsqueda ortogonal fue elaborado por Murat, 1995, se hace una comparación entre la imagen original *I(x,y)* y la imagen en *t+1,I(x,y,t+1)*. A partir de la imagen *I(x,y)* binarizada con la cual obtuvimos en número de elementos y su centro de masa buscamos cada uno de los elementos en *I(x,y,t+1),* esto se realiza representando cada elemento mediante su bloque B_{jt} *(x,y),* de un tamaño TxT, donde T depende del tamaño promedio de los elementos a contar. Para localizar el nuevo elemento se mueve el bloque en direcciones ortogonales sobre *I(x,y,t+1)* iniciando en (x,y) utilizando un desplazamiento de S pixeles, S depende de la cantidad de pixeles que se desplace un elemento de un frame a otro. Para determinar la nueva posición del bloque B_{jt+1} *(x,y)*, se mide el parecido entre el bloque B_{jt} *(x,y),* y su bloque correspondiente en *I(x,y,t+1),* mediante la diferencia cuadrática de la suma de pixeles dentro del bloque, después se calcula la diferencia cuadrática para el desplazamiento hacia atrás y luego la diferencia cuadrática para el desplazamiento hacia adelante, la nueva posición del bloque B_{jt} *(x,y),* corresponderá a la posición de la diferencia menor como se muestra en la figura 1.

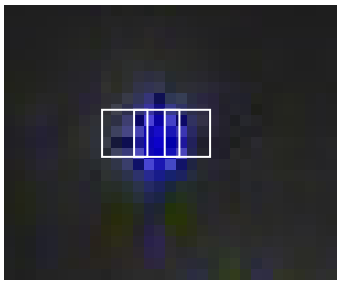


Figura. 1. Búsqueda horizontal.

Se procede a realizar la búsqueda en el sentido vertical considerando ahora la nueva posición del bloque B_{jt+1} *(x,y),* y se obtiene la diferencia cuadrática entre la nueva posición del frame anterior y el frame actual y las diferencias con los desplazamientos hacia arriba y hacia abajo, y nuevamente la mínima diferencia indica la nueva posición del bloque. El procedimiento se muestra en la figura 2.

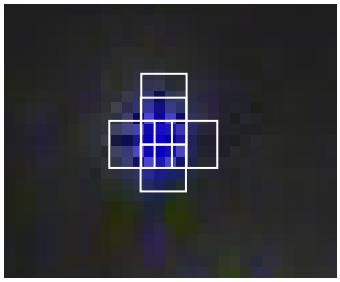


Figura. 2. Búsqueda vertical.

Esta búsqueda se realiza de forma iterativa para valores de S/2 hasta que S=1. La figura 3 muestra el procedimiento de búsqueda.

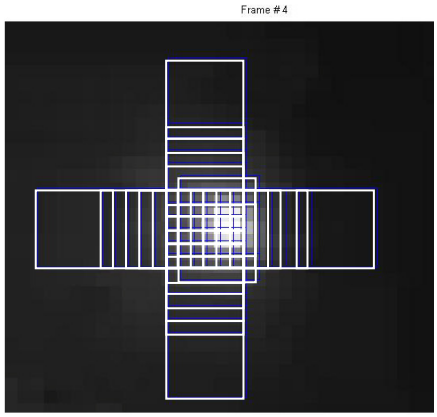


Figura. 3. Búsqueda de B_{jt} (x,y), en *I(x,y,t+1).*

Con lo anterior tenemos definida la trayectoria del objeto entre el tiempo *t* y *t+1*, sin embargo, según Chacón y Valdez, se obtiene una mejor representación si calculamos los centros de masa del elemento en la imagen *I(x,y,t+1),* y ajustamos el centro obtenido por búsqueda ortogonal al centro obtenido en el nuevo frame más parecido, de esta forma se resuelve el problema de seguimiento de trayectoria del elemento y se detectan elementos nuevos en el frame que se agregan al arreglo dinámico utilizado.

Ya que se tiene el arreglo dinámico para todos los frames, se obtiene la distancia entre el centro anterior y el actual mediante la raíz cuadrada de la suma de la diferencias en *x* y diferencias en *y* como se muestra a continuación:

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

$$D = \sqrt{(x_t - x_{t+1})^2 + (y_t - y_{t+1})^2}$$

Con la distancia recorrida en cada frame por cada elemento y con el parámeto de velocidad de adquisición de la cámara utilizada (frames por segundo, fps) podemos calcular la velocidad del elemento. Con los datos de los centros de cada elemento podemos definir la trayectoria del elemento e identificar posibles comportamientos asociados a su trayectoria.

Resumen de resultados

Se verificó el algoritmo propuesto por Chacón y Valdez en un video de elementos en movimiento el video consta de 157 frames con un total de 28 elementos entrando y saliendo a cuadro. Se usaron valores de S=10 y T=3.La figura 4 muestra un frame del video analizado

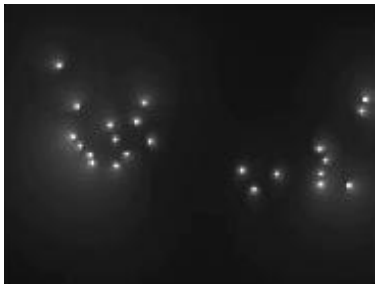


Figura. 4. Frame de video analizado

En el cuadro 1 se muestra una sección de los objetos detectados por frame.

Frame	# de Objetos
2	28
3	28
4	27
5	27
6	27
7	27
8	27
9	27
10	27
11	26
12	25
13	26

Cuadro 1. Objetos por frame

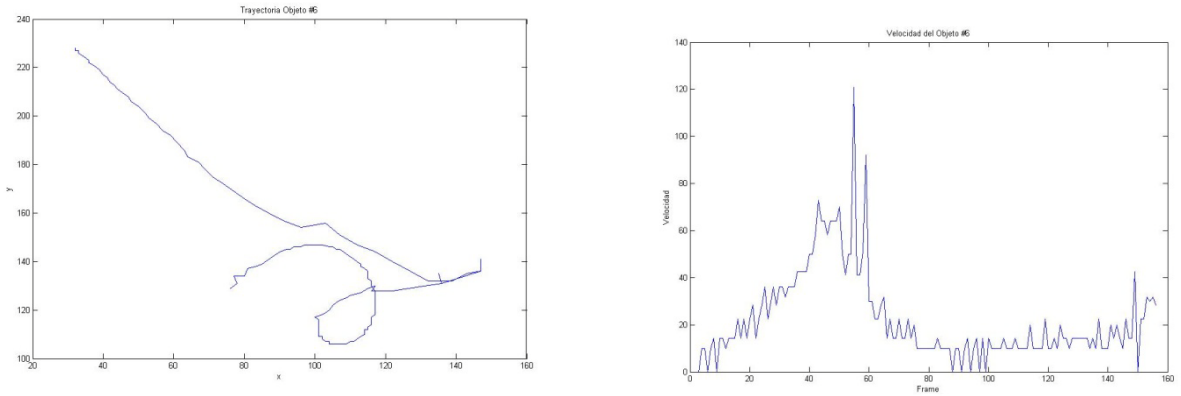
Cada elemento que sale de cuadro y que entra nuevamente se detecta como nuevo objeto, ya que para la aplicación propuesta las larvas pasaran por el campo de visión de la cámara de izquierda a derecha y cada elemento que entra a cuadro se identifica como nuevo objeto, con esta consideración se contabilizó un total de 66 elementos.

Se obtienen los datos de cada objeto con valores promedio como se muestra en el cuadro 2. La velocidad fue calculada para una frecuencia de adquisición de 10 frames por segundo.

Objeto	Área (pixeles)	Nivel de Gris	Distancia por frame (pixeles)	Velocidad (pixeles/seg.)
1	47.89	194.11	3.61	36.05
2	40.06	190.41	3.42	34.23
3	26.78	189.51	3.22	32.24
4	18.76	187.37	3.36	33.55
5	16.78	189.58	2.39	23.95
6	23.22	191.06	2.38	23.81
7	15.56	190.83	2.04	20.44
8	17.67	184.85	2.12	21.18
9	23.56	189.77	2.11	21.14
10	16.79	192.12	2.14	21.42

Cuadro 2. Valores promedio por objeto

Para cada objeto se obtiene la trayectoria y velocidad, lo que permitirá en un futuro asociarlo al comportamiento de las larvas de camarón. La figura 5 muestra la trayectoria y velocidad de uno de los objetos.



a) b)

Figura. 5. a) Trayectoria de uno de los objetos durante el video. b) Velocidad de un objeto durante el video.

Conclusiones

El algoritmo de Chacón y Valdez se toma como base para el conteo de larvas de camarón en sus diferentes etapas así como soporte para las trayectorias de los elementos, por lo que se agregó las características como tamaño, color, distancia y velocidad, lo que permitirá el conteo de larvas de una forma más objetiva así como la detección de elementos deformes, por características de tamaño y color así como comportamientos enfermizos por una trayectoria y/o velocidad anormal que serán

casos de estudio posteriores. Es necesario verificar si se pueden presentar colisiones entre los elementos y observar si se afecta la trayectoria del elemento por este suceso.

REFERENCIAS

Alvarez Marco, Ochoa Emilio, Villalva Armando, Siu Efrén. "Perfil de la Caracterización de la Camaronicultura en Sinaloa", ECOCOSTAS, 2001

Chacon Mario, "Procesamiento Digital de Imágenes", Editorial Trillas, 2007

Chen-Chen Lin, Angela Chen, New-Jin Ho Chie-Wei Wu, and Che-Hsin Lin, " Microfluidic Cell Counter/Sorter Utilizing Laser Tweezers and Multiple Particle Tracing Technique", IEEE SENSORS 2006, EXCO, Daegu, Korea / October 22-25, 2006

Fennucci Jorge L., "Manual para la cría de camarones peneidos", documento preparado por el proyecto gcp/rla/075/itaapoyo a las actividades regionales de acuiculturapara america latina y el caribe. FAO-Italia, 1988

Gonzalez Rafael C., Woods Richard W., Digital Image Processing, 2 Edition, Ed. Prentice Hall, 2002.
http://www.sinaloa.gob.mx/NR/exeres/6FDFB552-04CD-44CA-BCEA-A95275C5B1A6,frameless.htm?NRMODE=Published

Murat T, Digital Video Proccesing, Prentice Hall. 1995

Pagina WEB de la Asociación Nacional de Productores de Larvas de Camarón http://www.anplac.com/

Pagina WEB del Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Sinaloa http://www.cesasin.org/

Pagina WEB Pagina del gobierno de Sinaloa, Sección Economía

Sablatnig Robert, "A Flexible Concept for Automatic Visual Inspection", Pattern Recognition Workshop'97 (CPRW'97), Milovy, pp. 87-96, 1997

ISSN 1946-5351 Online
ISSN 1948-2353 CD ROM
Vol 3, No. 1, 2011
Cd. Juárez, Chihuahua, México

Desarrollo Financiero y Crecimiento Económico en América Latina: Análisis de Causalidad

Cely Celene Ronquillo Chávez[1] Christine Carton Madura[2]

***Resumen*—** El trabajo pretendió explorar las relaciones causales que pueden presentarse entre el desarrollo financiero y el crecimiento económico de los países de América Latina. De esta forma, durante el periodo 1965-2007, se implementó una prueba de Granger para datos en panel, generando tres muestras de países, según el nivel de ingreso per cápita, reagrupadas a su vez convenientemente en dos periodos de tiempo. Se han encontrado resultados interesantes y conforme a lo esperado, en general, los resultados evidencian que es el desarrollo del sector financiero el que impulsa el crecimiento económico en estos países.

***Palabras claves*—**Causalidad, Crecimiento Económico, prueba de Granger, América Latina

Introducción

América Latina ha estado dominada por expansiones de crecimiento económico que con gran frecuencia, han terminado en crisis y prolongados periodos de estancamiento. Durante la década de los ochenta, la mayoría de los países de América Latina sufrieron crisis por sus débiles sistemas financieros. El gobierno mantuvo controles en los tipos de interés; El crédito era asignado arbitrariamente; Se impidió, además, la expansión de los mercados de valores y la creación de nuevas instituciones financieras (Edwards, 1999). No obstante, ha habido una mejora significativa en los niveles del desarrollo financiero en la región. Así, los países de América Latina han experimentado importantes reformas financieras en el decenio de 1990, pero estas se han enfocado principalmente en la desregulación financiera y el crecimiento del mercado de valores.

En cuanto a los indicadores de desarrollo financiero, muestran que la región es económicamente poco desarrollada en comparación con otras economías emergentes (García-Herrero, et. al, 2002). Por lo tanto, la falta de profundidad del sistema financiero puede ser una barrera para un mejor desempeño económico en América Latina. Se observa que los países más avanzados, sin excepción, tienen más desarrollados sus mercados financieros. Por consiguiente, parecería que la políticas aplicadas para lograr un sector financiero más eficiente podrían impactar positivamente en el crecimiento económico.

De ahí que una problemática recurrentemente revisada es la complejidad de la relación causal entre el desarrollo financiero y el crecimiento económico. La cuestión que se analiza es la siguiente: Es capaz el desarrollo financiero de promover el crecimiento económico ó es el crecimiento económico el que impulsa el desarrollo del sistema financiero. Como consecuencia, surge un debate, específicamente sobre la dirección de causalidad entre estas dos variables, ya que tal relación puede ser en ambos sentidos. Estas relaciones de causalidad fueron clasificadas por Patrick (1966) como "*supply leading hypothesis"* cuando el desarrollo financiero causa el crecimiento económico y "*demand-following hypothesis"* cuando existe evidencia que el crecimiento económico causa el desarrollo financiero.

Numerosos escritos teóricos y empíricos sobre este tema han demostrado que el desarrollo financiero es importante para generar crecimiento económico, ya que el acceso al financiamiento es un aspecto fundamental del proceso de desarrollo en las economías emergentes. Sin embargo, se ha evidenciado que la relación de causalidad entre el desarrollo financiero y el crecimiento varía según las condiciones económicas de los países. Por lo tanto, los objetivos de este trabajo consisten, en examinar la relación de causalidad entre el desarrollo financiero y el crecimiento económico. Esto permitirá a partir de pruebas econométricas identificar dicho sentido de causalidad a través de grupos de países clasificados según el nivel de ingreso per cápita y finalmente analizar toda la región de América Latina.

Así, se parte de una muestra de 16 países de América Latina, contando con datos desde 1965 hasta 2007. Cabe mencionar que la elección de esta muestra obedece a la disponibilidad de información. Es conveniente señalar que aunque existe una extensa literatura académica que analiza la relación entre el desarrollo financiero y el crecimiento económico, hay pocos análisis empíricos con metodología de panel para el caso de América Latina. De este modo, este trabajo contribuye a ampliar la literatura existente en la medida que se busca identificar los canales por los cuales las variables financieras impulsan la dinámica del crecimiento.

Para esto, en la próxima sección se expone una síntesis de los antecedentes y los principales estudios empíricos que se han dedicado a estudiar la problemática planteada. La tercera sección indicará la metodología y las variables utilizadas. En el siguiente apartado se presentarán los hallazgos del análisis empírico para luego proponer algunas evidencias sobre la manera en que el sistema financiero influye la trayectoria del crecimiento de América Latina.

[1] Profesora de Tiempo Completo del Programa de Economía de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Actualmente, es candidata al grado de doctora por la Universidad de Granada, España. Línea de investigación, crecimiento económico. Tema de tesis: Efectos del desarrollo financiero sobre el crecimiento económico: aplicaciones a las economías de América Latina. Email: cronquil@uacj.mx (**autor corresponsal)**

[2] Profesora- Investigadora de la Universidad de Quintana Roo, Chetumal. Doctora en Ciencias Económicas, especialidad en Teorías del Crecimiento y Capital Humano por la Universidad de Nice Sophia-Antipolis.

Desarrollo financiero y crecimiento económico: Síntesis de los antecedentes

Una cuestión muy debatida en el ambiente académico es precisar si el desarrollo financiero conduce al crecimiento económico o viceversa. En este sentido, es importante brindar una orientación en cuanto a si el desarrollo del sector financiero es ineludible para aumentar las tasas de crecimiento de los países. Por un lado, se argumenta que el desarrollo financiero puede ser consecuencia del crecimiento económico, para adaptarse a las cambiantes demandas del sector real (Robinson, 1952; Lucas, 1988; Shan J. , 2005). Por otra parte, relevantes estudios destacan que los sistemas financieros desempeñan un papel crucial en la mitigación de fricciones en el mercado y pueden influir en las tasas de ahorro, las decisiones de inversión, la innovación tecnológica y por lo tanto a largo plazo en las tasas de crecimiento (Schumpeter, 1912; Gurley & Shaw, 1955; Goldsmith, 1969; McKinnon, 1973). Y se encuentran algunos estudios que argumentan que el desarrollo financiero no siempre promueve el crecimiento económico (Deveraux & Smith, 1994; Japelli & Pagano, 1994; Arestis & Demetriades, 1997; Singh & Weisse, 1998). Por último, un cuarto punto de vista, originalmente presentado por Lucas (1988), sostiene que el desarrollo financiero y el crecimiento económico no están causalmente relacionados.

El nivel de desarrollo financiero de un país está determinado por el acceso que los individuos tienen al crédito y a los servicios financieros. La función primordial del sector financiero es facilitar la asignación de recursos a través del espacio y el tiempo en un entorno incierto (Levine, 1997). El desarrollo financiero también disminuye las fricciones del mercado que resultan de la información imperfecta mediante la conexión de los ahorradores con los inversores y por la asignación de recursos a los proyectos rentables (Demirgüç-Kunt, 2006).

Por lo tanto, el sector financiero juega un papel crucial en la economía, ya que proporciona la información pertinente, monitorea los proyectos de inversión, promueve la diversificación del riesgo, aumenta la cantidad de transacciones, y afecta a la actividad comercial (Levine, 2005). En suma, los sistemas financieros tratan de facilitar, por todos los medios, la asignación de recursos, mejorando sus principales funciones. La literatura muestra que, reduciendo estos costos, se influye significativamente en las tasas de crecimiento a largo plazo.

Los canales por los que el desarrollo financiero causa el crecimiento económico son la productividad y la acumulación de capital (Beck, Levine, & Loayza, 2000). El desarrollo financiero promueve el aumento de la tecnología porque el acceso a los recursos financieros permite la especialización del trabajo, que crea un círculo virtuoso en la economía (Saint-Paul, 1992). Los sectores financieros más eficientes también se asocian con una mejor asignación de recursos que conduce a una acumulación de capital más elevada.

La relación positiva entre el sistema financiero y el crecimiento económico en este sentido parece bastante obvia. En la literatura empírica, el desarrollo financiero ha sido frecuentemente medido utilizando el crédito dirigido al sector privado expedido por los bancos a través de sus depósitos como porcentaje del PIB. El crédito privado revela la capacidad de los recursos financieros del sector para llegar a las empresas y para asignar recursos a proyectos rentables, así como los créditos asignados sólo a través de instituciones privadas para el sector privado (Beck, Demirgüc-Kunt, & Levine, 2000). El agregado monetario M3[3] y los depósitos bancarios como porcentaje del PIB se utilizan habitualmente como medidas alternativas de la profundidad financiera, puesto que son utilizadas por las instituciones financieras para las transacciones diarias.

Para medir el desarrollo financiero, resulta imperativo seguir investigando para probar cuáles pueden ser los indicadores idóneos para poder contrarrestar la ambigüedad que se ha encontrado en los resultados de investigación. Se pueden incluir aproximaciones que revelen la calidad y cantidad de los servicios financieros disponibles para la sociedad. Los investigadores reconocen las limitaciones de los indicadores del desarrollo financiero, por lo que utilizan varios indicadores y novedosas técnicas econométricas para abordar estas cuestiones.

La Tabla 1, presenta algunos destacados estudios empíricos que han considerado la relación finanzas-crecimiento. Es evidente que los hallazgos son mixtos, ambiguos y no concluyentes. Estos resultados varían según los diferentes indicadores del desarrollo financiero que se consideren, así como el método de estimación utilizado. Además, impactan la frecuencia de los datos y la forma funcional de la relación. Los análisis de corte transversal validan la relación "*supply leading hypothesis"* mostrando que el desarrollo financiero tiene un efecto positivo en el crecimiento económico.

Tabla 1. Concentrado de estudios empíricos sobre la relación finanzas-crecimiento

Autores	Metodología	Principales hallazgos
(Abu-Bader & Abu-Qarn, 2008)	■ Vector Autorregresivo (VAR) ■ Prueba de causalidad de *Granger*	Estos estudios encuentran evidencia del impacto positivo del desarrollo financiero para el crecimiento económico en los países seleccionados. Esto valida "*supply leading hypothesis"*
(Ahmed & Ansari, 1998)	■ Prueba de causalidad de *Granger* ■ Ecuaciones de regresión, usando panel de datos, series de tiempo y observaciones de corte transversal.	
(Ansari, 2002)	■ Relaciones de cointegración. ■ Modelo con Corrección de Errores (VECM).	
(Arestis, Demetriades, & Luintel, 2001)	■ Pruebas de cointegración	
(Changa & Caudill, 2005)	■ Prueba de Causalidad de *Granger* y Modelo con Corrección de Errores (VECM).	
(Levine & Zervos, 1998), (Rajan	■ Corte transversal	

[3] M3 está compuesto por moneda y pasivos con intereses de los intermediarios financieros y los intermediarios financieros no bancarios, y los depósitos bancarios es el valor de la demanda, el tiempo, y el ahorro de los depósitos en los bancos.

& Zingales, 1998)		
(Yemane, 2009)	■ VAR y versión modificada de la prueba de *Granger*	
(Xu, 2000)	■ Vector Autorregresivo Multivariante (VAR)	
(Blanco, 2009)	■ Prueba de *Granger* y análisis con funciones de impulso-respuesta. ■ Modelo VAR con datos en panel	Los resultados indican que el crecimiento del producto agregado es lo que permite el desarrollo financiero, soportando: "*demand-following hypothesis"*.
(Shan, Morris, & Sun, 2001)	■ VAR y prueba de *Granger*	
(Al-Yousif, 2002)	■ Prueba de causalidad de *Granger*	Para la mayoría de los países considerados, se presenta una causalidad bi-direccional entre el desarrollo financiero y el crecimiento económico. En general los resultados sugieren que el desarrollo financiero ocurre simultáneamente con el crecimiento económico.
(Calderón & Liu, 2003)	■ Prueba de descomposición de Geweke sobre una muestra de datos de Panel. ■ Prueba de causalidad de *Granger*	
(Luintel & Khan, 1999)	■ Vector Autorregresivo Multivariante (VAR)	
(Shan & Morris, 2002)	■ VAR y prueba de *Granger*	
(Al-Tamimi, Al-Awad, & Charif, 2001)	■ Cointegración, prueba de *Granger* y análisis con funciones de impulso-respuesta.	No existe una clara evidencia que el desarrollo financiero afecte o sea afectado por el crecimiento económico.
(Arestis, et. al., 2002)	■ Técnicas econométricas estándar ■ Relaciones de cointegración. ■ Modelo con Corrección de Errores (VECM).	Los efectos de la liberalización financiera para el desarrollo del sector financiero son ambiguos.

Datos y metodología

La relación entre el desarrollo financiero y el crecimiento económico es analizada a través de un panel de 16 países de América Latina (cuya selección se realizó según la disponibilidad de información), cubriendo un periodo de 1965 a 2007. El impacto del desarrollo financiero sobre el crecimiento se explora a través de países con diferentes situaciones económicas. Por lo que es conveniente clasificar estas economías según el nivel de ingreso per cápita. Primero, fue conveniente distinguir dos periodos de estudio, uno que abarca de 1965 a 1989 y otro que cubre desde 1990 hasta 2007, con el fin de analizar el impacto del desarrollo financiero sobre el crecimiento económico después de la liberalización financiera.

Para generar los grupos de países, el método utilizado, fue tomar en cuenta el nivel de ingreso per cápita inicial y final de cada periodo. Posteriormente, se obtuvo el nivel máximo y mínimo por país, calculando la diferencia se construyeron cuatro clases, generando los rangos según el nivel de ingreso: *bajo, intermedio bajo, intermedio alto y alto*. Para los fines del estudio, fue conveniente reagrupar solo en tres grupos ubicando a los países de ingreso intermedio alto en el rango del nivel de ingreso alto. Para 1960 el rango del ingreso bajo oscila entre 1,259 < 3,404.5. El intermedio fluctúa entre 3,404.5 < 5,550 y el ingreso alto se establece entre 5,550 < 9,841. Para 1989 el rango del ingreso bajo se halla entre 1,911 < 3,457 el intermedio de 3,457 < 5,003 y el ingreso alto se establece entre 5,003 < 8,094. Propiamente en 1990 el rango del ingreso bajo se encontraba entre 1,857 < 3,471 el intermedio de 3,471 < 5,085 y el ingreso alto oscila entre 5,085 < 8,313. Finalmente para 2007 el rango del ingreso bajo fluctuaba entre 2280 < 4,933.5 el intermedio de 4933.5 <7,597 y el ingreso alto se establece entre 7,597 < 12,894.

Para el periodo de 1965-1989, las economías ubicadas en términos de *ingresos altos* son: Argentina, Brasil, Chile, México, Uruguay y Venezuela. Así, el grupo de economías de *ingresos intermedios* reagrupa a Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panamá, y finalmente Bolivia, El Salvador, Guatemala, Honduras, Perú y República Dominicana conforman el grupo de los países de ingresos *bajos*.

En cambio, en el lapso de 1990 a 2007, la clasificación se presenta de la siguiente manera: Argentina, Chile, Costa Rica, México, Uruguay y Venezuela conforman el grupo de los países de *ingresos altos*. Para estos años, Brasil, Colombia, Panamá y Perú integran el caso de países con *ingresos intermedios* y para la categoría de *ingresos bajos*, Bolivia, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras y República Dominicana.

El crecimiento económico es medido a través del Producto Interno Bruto per cápita (GDP) se obtuvo de los indicadores del Banco Mundial (2009). Como medidas del desarrollo financiero en este análisis, se recurre al crédito expedido a través de los depósitos bancarios y otras instituciones financieras como porcentaje del PIB al sector privado (CREPRIV), esta variable proviene de la base de datos construida por Beck, T., Demirgüc-Kunt, A., & Levine, R. (2000). Es la medida más común de la intermediación financiera. Fue utilizada en los estudios empíricos de Goldsmith (1969), King & Levine (1993a.) y Dabos & Williams (2010), entre otros. De la base de datos del banco mundial, se rescatan las siguientes *proxies* del desarrollo financiero; el crédito proveído por el sector bancario como porcentaje del PIB (CRE) que cuantifica el rol de los bancos para el financiamiento. Adicionalmente, debido precisamente al grado de desarrollo financiero de estos países, se cree conveniente incluir como una medida alternativa de intermediación financiera a M2. Estas variables están expresadas en logaritmos.

La literatura establece que para que el desarrollo del sistema financiero influya positivamente en el crecimiento económico, debe ejercer eficientemente sus principales funciones, esto mediante la reducción de costos de transacción y la información, mejorando la adquisición de información de las empresas para tomar decisiones acertadas en cuanto a la asignación de recursos y administración del riesgo, entre otras. El problema es encontrar medidas empíricas que den cuenta a cabalidad sobre estas funciones del sistema financiero. Por lo tanto, utilizar *proxies* de desarrollo financiero, es una de las limitaciones de este análisis.

Pasando a la metodología utilizada, el primer paso que se lleva a cabo en cualquier modelo que involucra series temporales es verificar el orden de integración de las variables implicadas, es decir, se requiere examinar la estacionariedad de las series en panel para todo el periodo (1965-2007), con el fin de evitar relaciones espurias. Así, las pruebas de raíz unitaria, aplicadas a datos en panel, permiten determinar la estacionariedad de cada serie de interés. (Enders, 1995).
Sea una muestra de N individuos, i = 1,…, N, observada sobre T períodos, t =1,…, T, la variable (x_{it}) se describe de la siguiente manera:

$$x_{it} - x_{it-1} = \alpha_{0i} + \alpha_{1it} + \beta x_{it-1} + \sum \Delta x_{it-k} + \varepsilon_{it}$$

(t) refleja la tendencia temporal y (Δx_{it-k}), los términos de primera diferencia retrasada, incluidos para contemplar el efecto de correlación serial del término de error (ε_{it}).

De este modo, se utilizan las pruebas estadísticas (LLC) propuesta por Levin, et al., (2002), así como (IPS) elaborada por Im, et al., (2003). Ambas pruebas expresan la hipótesis nula (H_0) de no estacionariedad como: H_0: $\beta_i=\beta$, donde i=1,…, N. La prueba LLC supone un proceso de raíz unitaria común y la prueba IPS, un proceso de raíz unitaria individual. Debido a que las variables de interés se expresan en tasas de crecimiento y logaritmos, se comprueba, a continuación, la existencia de una relación de cointegración a largo plazo.

Los resultados se aprecian en la siguiente tabla, evidencian que, para la totalidad de la muestra considerada, la hipótesis nula de raíz unitaria puede ser rechazada tendiendo a satisfacer la condición de estacionariedad de las series I(0).

Tabla 2. Pruebas de raíz unitaria[4] - Datos en panel (1965-2007)

H_0: Raíz unitaria

Muestra total: 16 economías de América Latina			
Serie	**LLC(t*)**	**IPS (W stat)**	**Observaciones**
GDP	-13.2805	-13.1921	671
CRE	-21.1043	-19.1074	651
M2	-17.2021	-16.6260	648
CREPRIV	-13.3142	-12.1692	640

Nota: Las pruebas utilizadas son: **LLC**- Levin, Lin & Chu e **IPS**- Im, Pesaran & Shin. El rezago máximo es seleccionado automáticamente bajo el criterio de información de Schwartz, todas las pruebas presentan un nivel de confianza de 99%, lo que indica la inexistencia de raíces unitarias.

Debido a que las variables de interés se expresan en tasas de crecimiento y logaritmos, se comprueba, a continuación, la existencia de una relación de cointegración a largo plazo, con el fin de asegurar una relación no espuria. El concepto de cointegración es la noción estadística equivalente a la idea de equilibrio estable, en el sentido de que cuando existe una relación de este tipo entre variables económicas, las desviaciones de la citada relación no pueden ser fuertes ni crecer ilimitadamente (Pérez, 2006). De esta forma, la cointegración de las variables del modelo da validez al mismo a largo plazo.

En la Tabla 3. Se presenta la prueba de cointegración de Pedroni, dicha prueba ofrece a su vez, siete pruebas diferentes. Aquí se exhiben solamente los estadísticos ADF-Panel así como ADF-Grupo ya que son más consistentes para muestras pequeñas (Pedroni, 2004).

Tabla 3. Pruebas de Cointegración - Datos en panel (1965-2007)

H_0: No cointegración

Muestra total: 16 economías de América Latina			
Series	Estadístico ADF Panel	Estadístico ADF Individual	Observaciones
GDP - CRE	-5.0992***	-4.4149***	
GDP- M2	-13.1709***	-13.1462***	688
GDP- CREPRIV	-13.2350***	-12.8848***	

Los resultados evidencian que las series presentan una relación de equilibrio a largo plazo, dado que los estadísticos permiten rechazar la hipótesis nula de no-cointegración a un nivel de confianza de 99%.

El interés de extender el procedimiento de las pruebas de causalidad a modelos en panel es ampliamente reconocido (Granger, 2003). Esto, con el fin de contrastar las relaciones de causalidad en un contexto regional, ya que permite reforzar la robustez de los resultados así como su carácter general. A nivel econométrico, los datos en panel mejoran considerablemente las propiedades estadísticas de las pruebas, en particular cuando se presentan muestras de pequeña dimensión temporal.

Consecutivamente, el análisis de causalidad, con datos en panel, conduce a la expresión del sistema siguiente:

$$GDP_{i,t} = c_{1,i} + \sum_{j=1}^{\lambda 1,i} a_{1,ij} GDP_{t-1} + \sum_{j=1}^{\lambda 2,i} b_{1,ij} FD_{i,t-j} + \varepsilon_{1,it}$$

$$FD_{i,t} = c_{2,i} + \sum_{j=1}^{\lambda 1,i} a_{2,ij} FD_{t-1} + \sum_{j=1}^{\lambda 2,i} b_{2,ij} GDP_{i,t-j} + \varepsilon_{1,it}$$

[4] Las pruebas se realizaron con el paquete econométrico EViews 6.0

FD, representa las tres variables que aproximan el desarrollo financiero (CRE, CREPRIV y M2)[5]. El subíndice i constituye el país, i = 1,…N, (t) el periodo, t = 1,…,T y (j) el rezago, (λ) siendo el rezago máximo.
Partiendo de la estimación de los coeficientes ($b_{1,i}$) y ($b_{2,i}$), diferentes casos pueden presentarse: una relación causal unidireccional, una relación de tipo "*feed-back*" y una causalidad inexistente entre ambas variables de interés, esto en el sentido de Granger.

Las estimaciones de la prueba de causalidad de Granger en términos de datos en panel, se exponen en la Tabla 4. De esta forma, se observa que las relaciones de causalidad entre los grupos de países seleccionados son heterogéneas por lo que el nivel de desarrollo, captado a través de la agrupación por los niveles de ingreso exhibe un efecto contrastado en la tasa de crecimiento del PIB per cápita y además el corte en el periodo de estudio nos permite inferir sobre el impacto que la liberalización financiera ha tenido sobre el crecimiento de estos países.

Tabla 4. Pruebas de causalidad de Granger
Datos en Panel
H_0: *No-causalidad*

Grupo 1. Muestra completa 16 economías de América Latina (1965-2007)			
Variables	**Prueba F**	**Causalidad**	**Observaciones**
GDP--/→CRE **CRE--/→GDP**	6.4163*** 4.7723***	*Bidireccional*	640
GDP--/→CREPRIV CREPRIV--/→GDP	23.3444*** 1.2445	*Unidireccional*	
GDP--/→M2 M2--/→ GDP	*5.5215* *0.4170***	*Unidireccional*	
Para el periodo de 1965-1989			
Grupo2. Economías Latinoamericanas con Ingresos altos			
Variables	**Prueba F**	**Causalidad**	**Observaciones**
GDP--/→CRE CRE--/→GDP	0.7302 0.4252	*Non-causalidad*	138
GDP--/→CREPRIV CREPRIV--/→GDP	2.8110* 0.1743	*Unidireccional*	
GDP--/→M2 M2--/→ GDP	0.2897 0.1991	*Non-causalidad*	
Grupo3. Economías Latinoamericanas con Ingresos Intermedios			
Variables	**Prueba F**	**Causalidad**	**Observaciones**
GDP--/→CRE CRE--/→GDP	0.9847 2.0265	*Non-causalidad*	92
GDP--/→CREPRIV **CREPRIV--/→GDP**	2.9148* 2.9881*	*Bidireccional*	
GDP--/→M2 **M2--/→ GDP**	3.3388*** 6.2297**	*Bidireccional*	
Grupo4. Economías Latinoamericanas con Ingresos Bajos			
Variables	**Prueba F**	**Causalidad**	**Observaciones**
GDP--/→CRE CRE--/→GDP	0.3036 2.0057	*Non-causalidad*	138
GDP--/→CREPRIV CREPRIV--/→GDP	4.4821*** 1.0012	*Unidireccional*	132
GDP--/→M2 M2--/→ GDP	0.28292 0.8066	*Non-causalidad*	138
Para el periodo de 1990-2007			
Grupo2. Economías Latinoamericanas con Ingresos altos			
Variables	**Prueba F**	**Causalidad**	**Observaciones**
GDP--/→CRE **CRE--/→GDP**	1.8641 2.5597*	*Unidireccional*	96
GDP--/→CREPRIV **CREPRIV--/→GDP**	18.0977** 3.0670***	*Bidireccional*	96
GDP--/→M2 **M2--/→ GDP**	5.1226** 0.3516*	*Bidireccional*	102
Grupo3. Economías Latinoamericanas con Ingresos Intermedios			
Variables	**Prueba F**	**Causalidad**	**Observaciones**
GDP--/→CRE **CRE--/→GDP**	4.4434*** 1.8620**	*Bidireccional*	56
GDP--/→CREPRIV CREPRIV--/→GDP	5.5798*** 0.2058	*Unidireccional*	
GDP--/→M2 M2--/→ GDP	7.6278*** 1.2346	*Unidireccional*	
Grupo4. Economías Latinoamericanas con Ingresos Bajos			
Variables	**Prueba F**	**Causalidad**	**Observaciones**
GDP--/→CRE **CRE--/→GDP**	0.9415 2.2767*	*Unidireccional*	96
GDP--/→CREPRIV	1.8452*	*Bidireccional*	

[5] cf. supra

CREPRIV--/→GDP	6.2122***		
GDP--/→M2	5.2393***	*Bidireccional*	
M2--/→ GDP	2.9082**		

Nota: (*, **, ***) indican un nivel de confianza de 90%, 95% y 99%., para rechazar la H_0 conduciéndonos a aceptar la hipótesis alternativa de que sí existe causalidad en el sentido de Granger.

Interpretación de resultados

En cuanto al efecto de la variable, Crédito Doméstico expedido por los Bancos (CRE), sobre el crecimiento, los resultados encontrados denotan lo siguiente: para el primer grupo, que considera el periodo completo y la totalidad de los países, se presenta una relación de tipo "*feed-back*" o causalidad recíproca. Estos resultados sugieren que el desarrollo financiero ocurre simultáneamente con el crecimiento económico. En sí, dicho desarrollo financiero puede apoyar el crecimiento económico, el incremento del PIB permite igualmente desarrollar los sistemas financieros.

No obstante, cuando se analiza el periodo comprendido entre 1969 y 1989, para los tres grupos de países, los hallazgos tienden a rechazar cualquier causalidad entre ambas variables. Este resultado pudo ser debido a que en este periodo anterior a las reformas, el sistema financiero de América Latina, poseía poca profundidad y mostraba una falta de desarrollo en el segmento del mercado de capitales en América Latina.

Cuando se libera el sistema financiero, los resultados cambian radicalmente, ya que para el periodo de 1990 al 2007, se observan de inmediato relaciones de causalidad. Tanto para el grupo de países de ingresos altos y de ingresos bajos, se presenta un vínculo causal del lado de la demanda, lo que significa que el crecimiento del producto agregado es lo que permite el desarrollo financiero. Una causalidad recíproca o bidireccional se presenta en el grupo de economías con ingresos intermedios.

Cuando se prueba con un indicador más amplio, como el crédito expedido a través de los depósitos bancarios y otras instituciones financieras para el sector privado (CREPRIV), se encuentra para el panel completo una causalidad unidireccional por el lado de la oferta, demostrando un impacto positivo del desarrollo financiero para el crecimiento económico. El mismo caso se presenta para el grupo de países con ingresos altos para el periodo de 1969 a 1989, para el grupo de ingresos intermedios existe una causalidad de tipo *feed-back*, en cambio el grupo de ingresos bajos descarta la presencia de causalidad. Para el periodo de 1990 a 2007, la situación conlleva a concluir que para los grupos de ingresos altos y bajos ocurre una relación recíproca y para el conjunto de países con ingresos intermedios, la dirección de causalidad se presenta del lado de la oferta. Esto confirma que el financiamiento puede ser un determinante para el crecimiento de los países.

Adicionalmente, para la totalidad de la muestra, se presenta una relación unidireccional por el lado de la oferta cuando se considera a M2 como variable proxy de la intermediación financiera. En el periodo de 1969 a 1989, se acepta la hipótesis nula de *non-causalidad* para el grupo de países de ingresos altos, respecto al grupo de economías con ingresos intermedios, los hallazgos tienden a aceptar la presencia de una causalidad bidireccional y para el grupo de economías con ingresos bajos, la causalidad es evidente por el lado de la oferta, confirmando que estas economías tienden a utilizar la liquidez para financiar su actividad económica.

En el periodo de 1990 a 2007 destacan una causalidad bidireccional los grupos de países con ingresos altos y bajos. En cambio el grupo de ingresos intermedios incide en una causalidad unilateral desde el desarrollo financiero hacia la tasa de crecimiento del PIB.

Esto revela en general, que los resultados exhiben que es el desarrollo del sector financiero el que impulsa el crecimiento económico. En este caso, el financiamiento del sector productivo para estas economías, que se consideran esencialmente de endeudamiento, surge mediante la intermediación financiera. De esta manera, los resultados encontrados coinciden con lo esperado.

Conclusiones

El trabajo pretendió explorar las relaciones causales que pueden presentarse entre el desarrollo financiero y el crecimiento económico de los países de América Latina. Se implementó una prueba de Granger para datos en panel, generando tres muestras de países, según el nivel de ingreso per cápita, reagrupadas a su vez convenientemente en dos periodos de tiempo. El primero, comprende de 1969 a 1989 y el segundo de 1990 hasta 2007, esto con el fin de confirmar el impacto de la liberalización financiera en estas economías, ya que en las últimas dos décadas ha transformado significativamente sus sistemas financieros.

Esta inquietud obedece al antiguo debate suscitado sobre la dirección de causalidad. Como se mencionó, se han distinguido dos hipótesis. Ambas hipótesis están conectadas al nivel de desarrollo alcanzado de las economías. Esto explica la selección de los grupos de países de acuerdo a sus niveles de ingresos para analizar esta cuestión. En general de acuerdo a la literatura, se encontró que en las primeras fases de desarrollo de las economías domina la hipótesis por el lado de la oferta. Encontrándose evidencia en las pruebas de causalidad que el sistema financiero impacta positivamente los niveles de desarrollo.

En cuanto al corte del periodo, se justificó debido al cambio estructural generado por la liberalización financiera, debido a que ésta, cambió marcadamente las características del sector financiero en América Latina. En particular, el proceso de liberalización creó nuevas reglas según las cuales funciona el sistema, generando en la región mejores resultados en términos de profundidad, eficiencia y estabilidad. Estas características, a su vez, han contribuido a un círculo virtuoso en el que se observan altas tasas de inversión y crecimiento en algunas economías de América Latina.

Finalmente, se han encontrado resultados interesantes y conforme a lo esperado, en general, los resultados evidencian que es el desarrollo del sector financiero el que impulsa el crecimiento económico motivando a dejar abiertas otras líneas de investigación en cuanto a complementar los resultados previamente logrados, incluyendo otras aproximaciones del desarrollo financiero y técnicas econométricas más precisas.

Bibliografía

Abu-Bader, S., & Abu-Qarn, A. S. (2008). Financial Development and Economic Growth: Empirical Evidence from Six MENA Countries. *Review of Development Economics , 12* (4), 803–817.
Ahmed, S., & Ansari, M. I. (1998). Financial sector development and economic growth: The South-Asian experience. *Journal of Asian Economics , 9* (3), 503-518.
Al-Tamimi, H. A., Al-Awad, M., & Charif, H. (2001). Finance and Growth: Evidence from Some Arab Countries. *Journal of Transnational Management Development , 7* (2), 3-17.
Al-Yousif, Y. K. (2002). Financial development and economic growth another look at the evidence from developing countries. *Review of Financial Economics , 11* (1), 131-150.
Ansari, M. I. (2002). Impact of financial development, money, and public spending on Malaysian national income: an econometric study. *Journal of Asian Economics , 13* (1), 72-93.
Arestis, P., & Demetriades, P. (1997). Financial Development and Economic Growth: Assessing the Evidence. *The Economic Journal , 107*, 783-799.
Arestis, P., Demetriades, P., & Luintel, K. (2001). Financial development and economic growth: the role of stock markets. *Journal of Money, Credit, and Banking , 33* (1), 16-41.
Arestis, P., Demetriades, P., Fattouh, B., & Mouratidis, K. (2002). The impact of financial liberalization policies on financial development: evidence from developing economies. *International Journal of Finance & Economics , 7* (2), 109-121.
Beck, T., Demirgüc-Kunt, A., & Levine, R. (2000). A new database on financial development and structure. *World Bank Economic Review , 15*, 597-605.
Beck, T., Levine, R., & Loayza, N. (2000). Finance and the sources of growth. *Journal of Financial Economics , 58*, 261–300.
Blanco, L. (2009). The Finance–Growth Link in Latin America. *Southern Economic Journal , 76* (1), 224–248.
Calderón, C., & Liu, L. (2003). The direction of causality between financial development and economic growth. *Journal of Development Economics , 72*, 321-334.
Changa, T., & Caudill, S. B. (2005). Financial development and economic growth: the case of Taiwan. *Applied Economics , 37* (1), 1329-1335.
De-Gregorio, J. (2008). El crecimiento económico de la América Latina. *El Trimestre Económico , 75* (1), 5-45.
Demirgüç-Kunt, A. (2006). Finance and Economic Development: Policy Choices for Developing Countries. *World Bank Policy Research Working Paper No. 3955.*
Deveraux, M., & Smith, G. (1994). International Risk Sharing and Economic Growth. *International Economic Review , 35*, 535-550.
Edwards, S. (1999). *Crisis and reform in Latin America: From despair to hope.* New York: Oxford University Press.
Evans, A., Green, C., & Murinde, V. (2002). Human Capital and Financial Development in Economic Growth: New Evidence Using the Translog Production Function. *International Journal of finance and economics , 7*, 123-140.
García-Herrero, A., Santillán, J., Gallego, S., Cuadro, L., & Egea, C. (2002). *Latin America Financial Development in Perspective.* Working Paper .
Goldsmith, R. W. (1969). *Financial Structure and Development.* New Haven, CT : Yale University Press.
Gurley, J. G., & Shaw, E. (1955). Financial Aspects of Economic Development. *American Economic Review , 45*, 515-538.
Jalilian, H., & Kirkpatrick, C. (2002). Financial development and poverty reduction in developing countries. *International Journal of Finance & Economics , 7* (2), 97-108.
Japelli, T., & Pagano, M. (1994). Saving, Growth and Liquidity Constraints. *Quarterly Journal of Economics , 109*, 83-109.
Kang, S., & Sawada, Y. (2000). Financial repression and external openness in an endogenous growth model. *Journal of International Trade and Economic Development , 9* (4), 427-443.
Levine, R. (2005). Finance and growth: Theory and evidence. En *Handbook of economic growth* (págs. 866-934). North-Holland: Elsevier.
Levine, R. (1997). Financial Development and Economic Growth: Views and Agenda. *Journal of Economic Literature , 35*, 688-726.
Levine, R., & Zervos, S. (1998). Stock Markets, Banks and Economic Growth . *American Economic Review , 88*, 537-559.
Lucas, R. (1988). On the Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics , 22*, 3-42.
Luintel, K., & Khan, M. (1999). A quantitative reassessment of the finance-growth nexus: evidence from a multivariate VAR. *Journal of Development Economic* , 381–405.
McKinnon, R. I. (1973). *Money and Capital in Economic Development.* Washington, D.C.: Brookings Institute.
Patrick, H. T. (1966). Financial development and economic growth in underdeveloped countries. *Economic Development and Cultural Change , 14* (2), 174-189.
Rajan, R., & Zingales, L. (1998). Financial Dependence and Growth. *American Economic Review , 88*, 559-586.
Robinson, J. (1952). *The Rate of Interest and Other Essays.* . Macmillan, London.
Saint-Paul, G. (1992). Technological choice, financial markets and economic development. *European Economic Review , 32*, 763–781.
Schumpeter, J. (1912). *The Theory of Economic Development. Traducción R. Opie.* Cambridge, M.A: Harvard University Press, 1934.
Shan, J. (2005). Does financial development "lead" economic growth? A vector auto-regression appraisal. *Applied Economics , 37*, 1353-1367.
Shan, J., & Morris, A. (2002). Does financial development "lead" economic growth? *International Review of Applied Economics* , 153-168.
Shan, J., Morris, A., & Sun, F. (2001). Financial Development and Economic Growth: An Egg-and-Chicken Problem? *Review of International Economics , 9* (3), 443-454.
Sims, C. (1980). Macroeconomics and reality? *Econometrica , 48* (1), 1-18.
Singh, A., & Weisse, B. (1998). Emerging Stock Markets, Portfolio Capital Flows and Long-Term Economic Growth: Micro and Macroeconomic Perspectives. *World Development , 26* (4), 607-622.
Xu, Z. (2000). Financial development, investment, and economic growth. *Financial development, investment, and economic growth , 38* (2), 331-344.
Yemane, W.-R. (2009). Re-examining the financial development and economic growth nexus in Kenya. *Economic Modelling , 26* (6), 1140-1146.

PROPUESTA ERGONÓMICA Y ANÁLISIS DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS PARA REDUCIR EL TIEMPO ESTÁNDAR

Jesús Eduardo Ruiz-Martínez[1], Aide A. Maldonado-Macías[1, 2], [1]Alfonso Aldape, [1]Luz Elena Tarango Hernández

[1]División de Estudios de Posgrado e Investigación
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez
Ave. Tecnológico
Cd. Juárez, Chihuahua

[2]Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura
Universidad Autónoma de Ciudad Juarez
Ave. Del Charro 450 Nte.
Ciudad Juárez Chihuahua

Abstracto: La industria de la manufactura en la actualidad demanda cada vez mayor capacidad productiva sin riesgos de salud para el trabajador. En este artículo, un análisis postural fue desarrollado y complementado con un análisis de tiempos y movimientos. Dos hipótesis son verificadas, la primera en relación a los esfuerzos, duración y frecuencia de un método de trabajo y la segunda enfocada al tiempo estándar antes y después de implementar una propuesta ergonómica. La técnica de análisis postural MFA (Muscle Fatigue Analysis) es utilizada para la primera hipótesis; El sistema Work Factor y toma de tiempos con cronómetro se emplean en la segunda. La video grabación es utilizada como apoyo en ambos análisis.
El proyecto fue realizado en una empresa del ramo automotriz. En base a los reportes de incomodidad, se seleccionó una estación de trabajo representativa para desarrollar el estudio. El método de trabajo se dividió en elementos para su análisis. Se identificaron posturas no neutras en hombros y muñecas así como la procedencia de esta condición. Este hallazgo fue utilizado como base para desarrollar una propuesta ergonómica, la cual fue implementada y validada.
Como conclusión, se confirmó una reducción en el tiempo estándar de la operación al implementarse cambios basados en la propuesta ergonómica.

Palabras claves: Evaluación Ergonómica, Método Suzanne Rodgers, duración y frecuencia, estudio de tiempos y movimientos.

1. INTRODUCCIÓN

A fin de mantener empresas competitivas, la industria de la manufactura en la actualidad, debe asegurar en primera instancia, el desarrollo de operaciones bajo estándares de producción que logren el máximo de eficiencia, y en segunda, condiciones de trabajo en las cuales se mantengan los estándares definidos En las líneas actuales de producción, la configuración de las estaciones de trabajo usadas para establecer estándares de producción, generalmente requieren al operario mantener una sola postura a lo largo de toda la jornada laboral; ya sea de pie o sentado, el esfuerzo necesario para llevar a cabo el trabajo se focaliza en ciertas partes del cuerpo como los brazos, manos o dedos y se realiza repetitivamente para lograr el estándar de producción.

De acuerdo con Vern Putz – Anderson (1988), bajo condiciones de trabajo de alta repetición, combinadas con altos esfuerzos y posturas incomodas, se esta en riesgo de desarrollar Desórdenes Traumáticos Acumulativos (DTA`s). Los DTA´s son lesiones en el sistema músculo-esquelético desarrolladas gradualmente por el desgaste de tejidos y articulaciones debido a la exposición de partes especificas del cuerpo a movimientos repetitivos por largos periodos de tiempo.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo con la Organización Internacional del Trabajo (OIT 2009) es importante que el puesto de trabajo está bien diseñado para evitar enfermedades relacionadas con condiciones laborales deficientes, así como para asegurar que el trabajo sea productivo.

En la empresa en cuestión, los trabajadores de las operaciones de ensamble manual, reportan sentir incomodidades en diversas partes del cuerpo durante la jornada laboral, lo cual además limita su capacidad para completar el estándar de producción.

2.1 Objetivos

1. Analizar las posturas que los trabajadores emplean en el ensamble manual de la cerradura de puerta.
2. Determinar el tiempo estándar de acuerdo con las posturas empleadas por los operarios.
3. Generar una propuesta ergonómica en la estación de trabajo.
4. Implementar y validar los cambios que sean autorizados.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

La ergonomía tiene como propósito adecuar las condiciones de trabajo al trabajador, evitar problemas de salud al trabajador así como mantener los estándares de producción requeridos. Estas condiciones como lo indica Ramírez (1991), deben generarse preventivamente durante la creación de un proceso de producción (ergonomía preventiva), al no darse de esta manera, una propuesta ergonómica es requerida para optimizar la relación trabajador-maquina-entorno, evitando así la generación de incomodidades al trabajador (DTA`s en el largo plazo) y en consecuencia disminuir el tiempo estándar o tiempo requerido para desarrollar una tarea.

El tiempo estándar para una nueva estación de trabajo o una existente puede identificarse mediante el análisis de tiempos y movimientos, el análisis de tiempos es generado con el uso del cronometro, con el se toman lecturas del tiempo requerido para realizar una tarea.

Por otro lado, el análisis de movimientos ayuda al analista a definir que movimientos son requeridos para realizar una determinada tarea, identificar los movimientos innecesarios, simplificar los necesarios y establecer la secuencia de movimientos más favorables para la eficiencia máxima.

3.1 Método de Análisis Postural MFA (Suzanne Rodgers)

El análisis o evaluación a la fatiga muscular (MFA) fue propuesta por Rodgers (1992) como un medio para evaluar la cantidad de fatiga que se acumula en los músculos durante varias pautas de trabajo dentro de un periodo de trabajo de 5 minutos. La hipótesis consistía en que un músculo rápidamente fatigado, es más susceptible a lesiones e inflamaciones. Con ello en mente, si la fatiga puede ser minimizada, entonces también lo serian las lesiones y enfermedades de los músculos activos.

Este método de análisis de trabajo, es muy apropiado para evaluar el riesgo por acumulación de fatiga en tareas que son desarrolladas durante una hora o mas y donde se presentan posturas incomodas o esfuerzos frecuentes. Basada en el riesgo de la fatiga, una calificación desde ligera hasta muy alta, pueden ser asignadas a la tarea para definir una prioridad de cambio.

En este método, se busca identificar por regiones del cuerpo, el nivel de esfuerzo, la duración y la frecuencia que son requeridos para desarrollar una tarea. Cada categoría se evalúan individualmente en escalas del 1 al 4 para cada región del cuerpo. La prioridad de cambio de las tareas se determina en base a la combinación de valores asignados: esfuerzo, duración y frecuencia (Ejemplo: Prioridad de cambio = 123, esfuerzo = 1, duración = 2, frecuencia = 3).

3.2 Sistema de Tiempos Predeterminados Ready Work Factor

El estudio de movimientos para Niebel (2001) es el análisis cuidadoso de los movimientos del cuerpo empleados al hacer un trabajo. El propósito de su estudio es eliminar o reducir los movimientos no efectivos, y facilitar y acelerar los efectivos. Por ello del estudio de tiempos, en conjunto con los principios de la economía de movimientos, se rediseña el trabajo para lograr mayor efectividad y una tasa de producción mas alta.

SMC Wofac®, el organismo que desarrollo el sistema Work-Factor®, es uno de los precursores en establecer sintéticamente tiempos estándar a partir e los movimientos que realiza el trabajador. Se pudo disponer de los datos de Work-Factor® en 1938, después de cuatro años de obtener valores por la técnica de micro movimientos, métodos cronométricos y el empleo de una maquina fotoeléctrica para medición de tiempo construida especialmente. El propósito de este sistema es establecer métodos, tablas y reglas para fijar valores de tiempos precisos y consistentes como base para la medición del trabajo. A través del análisis científico, los estándares de tiempo Work-Factor® eliminan errores de juicio inherentes al método el cronometro.

El sistema Ready Work Factor® que se utiliza en este estudio, logra la medición precisa del trabajo analizándolo a través de movimientos independientes y diferentes, y en combinaciones frecuentes de dichos movimientos. Todos los valores de tiempo están dados en tiempo selecto Work Factor®, el cual se define como el tiempo requerido por el operario con experiencia promedio, trabajando con habilidad y buen esfuerzo (compatible con bienestar físico y mental) y bajo

condiciones normales de trabajo u operación, sobre una unidad o pieza, de acuerdo con el método prescrito y la calidad especificada.

.

4. METODOS

En el presente capítulo se describen los métodos utilizados en esta investigación, así como los 4 pasos que se siguieron en el desarrollo de la misma, los cuales son; 1. La selección de estación de trabajo, 2. Video Grabación del Trabajo, 3. División en Elementos de Trabajo, 4. Análisis Postural 5. Propuesta Ergonómica y Análisis de Tiempos y Movimientos.

4.1 Selección de Estación de Trabajo

Se identifico el área de producción de la cual se seleccionaría la estación de trabajo. Para esta selección se tomó como criterio, las estaciones de trabajo donde se presentan el mayor porcentaje de reportes por incomodidad.

Una vez definida el área de producción, se procedió a seleccionar la estación de trabajo, el criterio para esta selección fue nuevamente el porcentaje de reportes por incomodidad. Se seleccionó una estación representativa, el criterio para su selección fue que el operario de esa estación tuviera al menos 6 meses en la operación, no tuviera reportes recurrentes de faltas y que cumpliera regularmente con el estándar de producción. La figura 1 muestra la estación de trabajo y sus componentes.

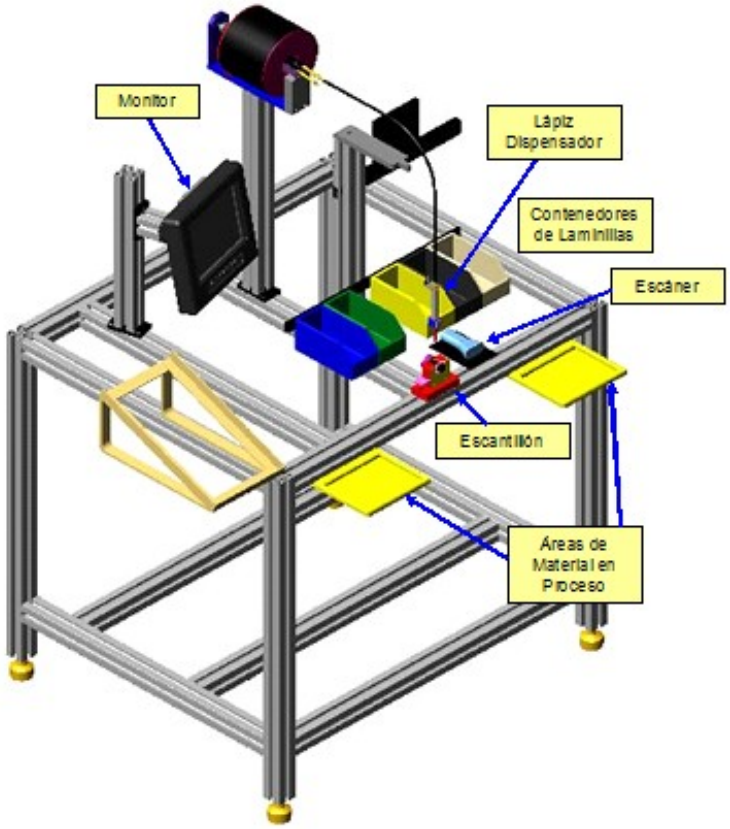


Figura 1. Estación de Trabajo

4.2 Video Grabación del Trabajo

Se llevó a cabo una video grabación del método de trabajo, se decidió utilizar este recurso debido a que permite al analista obtener información sobre la ejecución de una actividad al tiempo en que ésta se desarrolla. Fuera del lugar de trabajo el video puede ser utilizado para el análisis postural, se tienen opciones como congelación de imagen y reproducción en cámara lenta que son de gran utilidad en el análisis de las posturas de trabajo. Se tomaron 5 minutos de video grabación, 3 veces al turno (8 a.m., 11 a.m. y 2 p.m.) para un total de 15 minutos.

4.3 División en Elementos de Trabajo

Como es requerido en un estudio de tiempos y movimientos, se comenzó por dividir el método de trabajo en elementos, mismos que fueron utilizados de igual manera en el análisis postural. Cada elemento fue identificado como crítico o no crítico, esto basado en el nivel de dificultad de ensamble. Para llevar a cabo esta clasificación, los trabajadores fueron observados durante algunos ciclos de trabajo.

4.4 Análisis Postural

En esta investigación fue aplicado un método de Análisis Postural con el propósito de estimar la frecuencia, tiempo de exposición a posturas no neutras o críticas en la estación en que más se reportan casos de incomodidad y generar una propuesta ergonómica.

La técnica MFA (Muscle Fatigue Análisis) fue utilizada debido a que es uno de los métodos que contiene más detalle en el análisis de la utilización de las extremidades superiores: manos, muñecas y dedos

La aplicación de esta técnica se llevo a cabo utilizando la video grabación antes descrita y por medio de los siguientes pasos: identificación de posturas críticas y registro de datos posturales utilizando el método MFA.

4.4.1 Identificación y Registro de Datos Posturales

El procedimiento de registro de datos consistió en hacer observaciones de los movimientos que el operario empleaba para el ensamble en cada uno de los elementos de trabajo, con ayuda del reproductor de video donde fue posible congelar imágenes. Se identificaron los niveles de esfuerzo para las posturas en cada región del cuerpo, la duración y frecuencia de exposición a cada esfuerzo.

Se determinó la prioridad de cambio en cada región del cuerpo para cada esfuerzo, para las prioridades de cambio más altas se identificaron factores de riesgo ergonómico.

4.5 Propuesta Ergonómica y Análisis de Tiempos y Movimientos

En base a los factores de riesgo ergonómico identificados en el análisis postural, se generó una propuesta ergonómica tomando como apoyo recomendaciones ergonómicas (principios de economía de movimientos y las guías para diseño de trabajo repetitivo).

Una vez implementados los cambios que fueron factibles, se verifican los supuestos, para lo cual se genera un nuevo análisis postural con el método MFA, un análisis de tiempos y movimientos con la técnica Ready Work Factor®.

Un estudio de tiempos con cronómetro fue complementariamente generado, para validar el impacto de los cambios implementados en la estación de trabajo. Este estudio se generó solo para los elementos en los que fue posible implementar las propuestas ergonómicas.

5. RESULTADOS

De acuerdo con la aplicación del método MFA (Muscle Fatigue Análisis) del Anexo 4 para obtener la prioridad de cambio, para cada elemento se identificó al menos una región del cuerpo con prioridad de cambio moderada como se muestra en la sección A de la Tabla 1. Para los elementos ensamble de resortes y ensamble de laminillas se encontró en las muñecas una prioridad de cambio alta, sin embargo en ninguno de los elementos de trabajo fue identificada una prioridad de cambio muy alta.

Se generó una evaluación del tiempo y recursos requeridos para la implementación de los cambios propuestos en la estación de ensamble de laminillas y en base a está, se tomó la decisión de implementar en una primera etapa los cambios que no requirieran una mayor inversión inicial, mismos que fueron utilizados para la validación de este proyecto.

Fueron implementadas las propuestas ergonómicas para la mayoría de los elementos de trabajo, en la sección B de la Tabla 1 son listadas así como el estado de implementación de cada una.

Tabla 1. Clasificación de Prioridades de Cambio y Estado de Implementación

A: Identificacion de Prioridades de Cambio														B: Estado de Implementación	
No.	Elemento de Trabajo	Prioridad de Cambio por Region del Cuerpo												Propuesta Ergonómica	Implementada (S/N)
		Cuello	Hombros		Espalda	Brazos / Codos		Muñecas / Manos / Dedos		Piernas / Rodillas		Tobillos / Pies / Dedos			
			Izq.	Der.		Izq.	Der.	Izq.	Der.	Izq.	Der.	Izq.	Der.		
1	Mover charola al área de material en proceso	B	M	M	B	B	B	B	B	B	B	B	B	Reducción de la distancia del material en proceso de 20 a 10 pulgadas	S
2	Colocar cilindro en escantillon	B	B	B	B	B	B	B	M	B	B	B	B	Reubicación de escantillón a 6 pulgadas de la orilla de la mesa	S
														Diseño de nuevo contenedor	S
3	Escaneo de etiqueta	B	B	B	B	B	B	B	M	B	B	B	B	Reubicación del escaner	S
4	Ensamble de resortes	B	B	M	B	B	B	B	A	B	B	B	B	Reducir altura del lápiz dispensador	S
														Rediseño del lapiz dispensador de resortes	N
5	Ensamble de laminillas	B	M	M	B	B	B	A	A	B	B	B	B	Reducir altura de contenedores	S
														Rediseño del contenedor de laminillas.	S
														Cambio de empaque de laminillas	N
6	Presionar laminillas	B	B	M	B	B	B	B	B	B	B	B	B	Eliminar el uso de palanca	S
7	Giro de cilindro	B	B	B	B	B	B	B	M	B	B	B	B	Reubicación de escantillón a 6 pulgadas de la orilla de la mesa	S
8	Prueba con llave	B	B	B	B	B	B	B	M	B	B	B	B	Rediseño del escantillón	N

B: Bajo M. Moderado A: Alto MA: Muy Alto

Una vez implementada la propuesta ergonómica, se generó un nuevo análisis con Work Factor® para los elementos afectados por los cambios. Este estudio fue complementado con uno de tiempos con cronómetro. En este ultimo, hubo que aumentar un 10% al tiempo registrado debido a consideraciones de habilidad del operador.

Al sumar los tiempos de elementos modificados con los que permanecieron intactos, fue posible reducir el tiempo estándar, logrando optimizarlo en un 15% al disminuirse de 42.99 a 36.71 segundos como se muestra en la Tabla 2.

La reducción del tiempo estándar representó un aumento en la capacidad de producción. Dado que el tiempo disponible en primer turno después de tolerancias como fatiga, descansos inevitables, comida y limpieza es de 8.42 horas, la capacidad actual es de 705 piezas por día, después de las mejoras, esta capacidad fue incrementada a 825 piezas.

Tabla 2. Tiempos de Operación por Elemento

Numero	Elemento de Trabajo	Tiempo Estandar Actual (Seg.)*	Tiempo Estandar Mejorado (Seg.)*	Tiempo Estandar Cronometrado	Porcentaje tiempo reducido
1	Mover charola al área de material en proceso	2.58	1	0.88	61%
2	Colocar cilindro en escantillon	3.4	3.4	-	-
3	Escaneo de etiqueta	4	3	2.52	25%
4	Ensamble de resortes	10.41	10.41	-	-
5	Ensamble de laminillas	14.4	12.9	10.64	10%
6	Presionar laminillas	3.2	1	0.49	69%
7	Giro de cilindro	1.2	1.2	-	-
8	Prueba con llave	3.8	3.8	-	-
	Total	42.99	36.71		15%

* Tiempo Estandar con Sistema Work Factor

6. CONCLUSIONES

En base a un análisis postural en una estación de ensamble manual, es posible determinar si existen extremidades expuestas a posturas no neutras durante el desarrollo de una operación. La exposición a estas posturas representa un factor de riesgo en el desarrollo de incomodidades en los trabajadores.

Por medio de este trabajo, fue posible confirmar la importancia de la utilización de métodos de análisis postural para la identificación de posturas que pueden generar incomodidad en un trabajador, esto cuando un método de trabajo demanda mantener estas posiciones por periodos de tiempo prolongados y con una alta frecuencia. El método de análisis postural MFA, ayuda a la identificación de prioridades de cambio en base a estas condiciones.

Se confirmó una reducción del tiempo estándar al compararse este tiempo antes y después de la implementación de la propuesta ergonómica.

Fue posible comprobar que un análisis postural puede ser complementado con un estudio de tiempos y movimientos, esto con la finalidad en primera instancia, de reducir o eliminar movimientos no efectivos, factores de riesgo posturales y en conjunto crear condiciones de trabajo ergonómicas, mismas que ayudan a evitar la generación de desórdenes traumáticos acumulativos en el largo plazo; y por otro lado, contribuyen a la disminución del tiempo estándar de las operaciones.

7. REFERENCIAS

Marras W. S. Marras y Karwowski W. (2006), *The occupational Ergonomics Handbook*, Taylor & Francis

McAtamney, L., y Corlett, N.E. (1993). "Rula: A Survey Method for the Investigation of Work Related with Upper Limb Disorders" Applied Ergonomics, Vol 24, No. 2. University of Nottingham.

Niebel B. y Freivalds A. (2001), *Ingenieria Industrial, Metodos, Estandares y Diseño del Trabajo*. Décima Edición. Alfa omega.

Parker, G.P. y Imbus H. R. (1992). *Cumulative Trauma Disorders, Current Issues and Ergonomics Solutions: A Systems Approach.* Lewis Publishers. USA.

Ramírez Cavassa César (1991), *Ergonomía y Productividad, Noriega Limusa*

Rodgers S. H. (1992). "*A Functional Job Evaluation Technique" Occupational Medicine: State of the Art Reviews.* Hanley and Belfus. Philadelphia, USA.

Vern Putz y Anderson (1988) "*Cumulative Trauma Disorders" A manual for Musculoskeletal diseases of the upper limbs*. Taylor & Francis.

Wiley J. (2004). *Kodak`s Ergonomic Design for People at Work*. Segunda Edición. Hoboken, New Yersey. USA

Science Management Corporation (1995), The Ready Work Factor Manual, New Jersey.

OIT (2009). "La Salud y la Seguridad en el Trabajo, Ergonomía" http://training.itcilo.it/actrav_cdrom2/es/osh/ergo/ergoa.htm 18 de Noviembre del 2009.

UTILIDAD DEL USO DEL SISTEMA CAD-CAM EN PROCESOS DE MANQUINADOS QUE REQUIERE DISEÑO Y ELABORACION DE PIEZAS

Miriam Margarita Ruiz Sánchez M.C. Ingeniería Industrial
José Torres Cantero Ingeniero Industrial en Eléctrica
María del Socorro Batista Vega Ingeniero Industrial
Autor responsable: Miriam Margarita Ruiz Sánchez

RESUMEN: Hasta hoy, se piensa que la utilidad de los sistemas de producción de maquinados en equipos de Control Numérico Computarizad (CNC), solo pueden ser viables en los casos en los cuales los volúmenes de producción son muy elevados. Los costos de mantener el equipo son redituables solo cuando las maquinas CNC producen grandes volúmenes.

Sin embargo, en el caso de empresas que se dedican al diseño y producción de piezas para elaborar maquinas y equipos, donde el dueño de la empresa ofrece no solo la máquina, sino también el diseño de la misma conviene revisar las ventajas que las maquinas CNC pueden ofrecer.

El presente artículo analiza las ventajas que podrían ofrecer utilizar máquinas de CNC con enlace CAD-CAM en situaciones de este tipo, donde se requiera tener implícita no solo la producción de un equipo, sino también la elaboración de los planos de la maquina.

Palabras claves: Control Numérico Computarizado, diseño de maquinas,

ABSTRACT

Until today, some authors believe that the usefulness of production systems of machine-finished in Numerical Control Machines (CNC) can only be viable in the cases where production volumes are very high. The costs of maintaining the machines are profitable only when machines CNC produce high volumes.

However, in the cases where the companies are dedicated for design and production of parts for machines and equipment, where the owner of the company offers not only their machines, but also the design, is more appropriate use to CNC to develop the design of the machine and production.

This article discusses the advantages that could offer machines CNC in the cases where are require the machine production, and preparation of plans of the machine.

Key words: Numerical Control, machine design,

1. ANTECENTES

El avance tecnológico que se ha dado a finales del siglo XX y principios del siglo XXI ha ocasionado que los procesos de producción hayan ido evolucionando rápidamente junto con la tecnología. La mentalidad de las industrias han dejando a un lado la producciones en grandes volúmenes de un mismo producto,, ya que la obsolescencia se hace presente en un tiempo relativamente corto. Es así como las empresas se ven en la necesidad de contar con procesos cada vez más flexibles, con tiempos de cambios de modelos cada vez más cortos.

De la misma forma, la economía de la población mundial se ha visto seriamente afectada con la Crisis Económica Mundial del 2008, lo que ha orillado a hacer que las industrias reduzcan considerablemente los costos de producción. Aun cuando los costos de mano de obra, representan solo de un 15% a un 20% del costo de producción, las industrias siguen considerando el primer costo a reducir, considerando que la automatización en los procesos ayudara a contar con menos personal.

La presente investigación, solo pretende encontrar ventajas adicionales a la automatización en casos donde no han sido consideradas. En este caso, la investigación se lleva a cabo en una empresa dedicada a la elaboración líneas de producción automatizadas, donde la empresa oferta el diseño de las maquinas, así como su elaboración e instalación de las mismas.

Autores como Timings (1996), Ross (1995) y Nanfarra et al. (1995) mencionan diversas ventajas y desventajas que presenta la implementación del CNC, diciendo que una de sus principales ventajas es que se puede tener una producción sostenida, pero esto es para casos en los que se produce una misma unidad mas de una sola ocasión. De igual forma, mencionan que una de las principales desventajas del CNC es representado por el costo de mantenimiento.

De la misma forma, en los tiempos actuales resulta bastante difícil, seguir siendo una empresa con estas características, debido a que el mercado Nacional y Mundial cuenta con una mayor diversidad de productos, y se requieren innovaciones constantes.

Terborgh (1967), muestra una técnica poco utilizada para el análisis de reemplazo de maquinaria, técnica que se encontró muy útil para la elaboración de este trabajo, debido a las características propias de la técnica que suponen el reemplazo de un servicio, y no de un simple artículo como es usado en otras técnicas de análisis económico.

El presente estudio fue elaborado en una empresa PROCIMEC, la cual es una empresa de maquinados de ciudad Juárez Chihuahua. Dicha empresa se encarga del diseño, construcción e instalación de maquinas que permiten automatizar los procesos dent5ro de la industria.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Como se ha establecido desde la introducción y partiendo desde el punto de que los procesos de producción han ido cambiando la tenencia de la producción en masa se ve reducida cada vez con mayor rapidez. Ahora la industria requiere procesos con mayor flexibilidad y donde los lotes de producción son prácticamente reducidos a una pieza por lote. Motivo por el cual este estudio toma relevancia.

La empresa PROCIMEC, se encarga del diseño y elaboración de maquinas para automatización de líneas de producción, lo cual quiere decir, que es una empresa que le brinda servicio a otras empresas. Dicha empresa normalmente hace un bosquejo de las maquinas, posteriormente va haciendo las piezas en maquinas convencionales (tornos y fresadoras), y posterior a esto se mandan las piezas a dibujar en Autocad para entregar la maquina con sus respectivos planos.

Como puede verse, la empresa requiere como parte implícita el diseño y los planos de las maquinas además de su elaboración. Situación en la que se cree conveniente implementar un sistema de Manufactura Asistida por Computadora, para poder realizar ambas operaciones en conjunto y no por separado.

Mas sin embargo, hasta la fecha solo se cree que las maquinas CNC solo son conveniente utilizarlas en los casos de producción masiva, y no para lotes pequeños de producción, por los costos que requiere mantener dicho equipo.

El presente estudio pretende verificar la viabilidad de la implementación del CNC en este tipo de situaciones, para ver si se puede presentar como una ventaja competitiva en la actualidad.

3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

El presente estudio pretende realizar un análisis entre la fresadora de CNC, y la fresadora convencional, mediante el maquinado de las mismas piezas en ambas maquinas, incluyendo los tiempos y costos de elaboración de los planos de construcción de las piezas con la finalidad de verificar la viabilidad de la opción de CNC en la compensación del tiempo y costo de la elaboración de planos. Siendo los objetivos específicos los siguientes:

- Conocer si representa una ventaja la implementación de CNC en el caso de empresas que requieran maquinado y diseño.

- Verificar si los tiempos y costos de diseño pueden ser compensables con los procesos actuales, y si éste representa una ventaja.

- Conocer mediante un análisis económico la factibilidad de hacer el cambio de CNC a convencional en este caso.

4. MARCO METODOLOGICO

Dentro de la metodología, una de las herramientas comúnmente utilizada en la industria Juarense y que ha sido considerada para la elaboración del presente estudio es lo que se conoce como ciclo Deming o ciclo PDCA, que indica una sucesión de pasos lógicos para abordar cualquier problema. Las etapas del ciclo PDCA:

4.1 Etapa P ("Plan").

En esta primera etapa es necesario determinar cuál es el proceso a estudiar y cuáles son las metas a alcanzar. Los objetivos deben ser realistas y cuantificables a través de una serie de incertidumbre. Dentro de esta etapa, se revisa dentro de la compañía como es el proceso actual de elaboración de las maquinas, y se revisa con los operadores si se tiene algún problema que pueda ser solucionado antes de iniciar el estudio.

4.2 Etapa D ("Do")

En esta siguiente etapa, deben revisarse los procesos que se pretende mejorar y estudiarse distintas propuestas de mejora. Finalmente, se ejecuta la acción elegida. En esta etapa, se hacen la toma de tiempos de las diferentes etapas de proceso, diseño y maquinados tal como se cuenta actualmente, y en una maquina de CNC utilizada en la UACJ para poder hacer la comparación de tiempos en ambos procesos.

3.3 Etapa C ("Check")

Es la etapa de verificación, se examinan únicamente los efectos de las mejoras realizadas. Una forma práctica de evaluar los resultados consiste en contrastar los indicadores: ¿Cuál era el rendimiento antes de la mejora? ¿Cuál es el rendimiento actual? ¿Hemos cumplido con nuestro objetivo?. De igual forma en esta etapa se verifican los tiempos y procedimientos realizados en ambos equipos, se revisa si no existen movimientos innecesarios y se hace corrida con correcciones en caso de ser necesario.

3.4 Etapa A ("Act")

En esta última etapa, se corrigen los posibles desvíos que pudiesen ocurrir con respecto a lo planeado. Si las mejoras dieron resultados, serán incorporadas al proceso productivo y el ciclo comenzará nuevamente en la etapa P. Si los resultados no fueron los esperados, se actuará en consecuencia. Finalmente en el caso que se requieran hacer correcciones, en esta etapa se realizarán y se volverán a evaluar, hasta verificar que ya no se puedan hacer más mejoras y cambios en las corridas de las piezas.

5. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos se representan de una forma global, se determinó el total de los tiempos en segundos tomados de las piezas, y aplicando la teoría del límite central se calcularon los tiempos promedios de cada clasificación, los cuales son mostrados en la tabla 5.1

Tabla 5.1 Tiempos Totales Promedio de Maquina Convencional

	Tiempos Totales (seg.)	%	PROMEDIOS
Tiempo de habilitación	9213	31.25	837.54
Tiempo de manipulación	9116	30.92	828.72
Tiempo de maquinado	8003	27.14	727.54
Tiempo muerto	3150	10.68	311.45
TOTAL	29482	100	2705.25

Al igual que los resultados obtenidos en la máquina convencional, y aplicando la teoría del límite central, podemos determinar los tiempos promedios de cada clasificación, los cuales son mostrados en la tabla 4.4.

Tabla 5.2. Tiempos Totales Promedio de Maquina CNC

	Tiempos totales (seg.)	%	PROMEDIOS CNC
Tiempo de habilitación	7434	34.70	675.82
Tiempo de manipulación	5142	24.00	467.45
Tiempo de maquinado	8107	37.84	737.00
Tiempo muerto	740	3.45	67.27
TOTAL	21823	100	1947.57

Observando los resultados obtenido se puede ver que el porcentaje del tiempo de maquinado ha podido incrementarse cercano a un 40%, y el tiempo de manipulación se reduce a un 24 %.

Comparando los resultados de ambas máquinas, se puede observar una reducción del tiempo total de 7659 seg. equivalente a un ahorro de tiempo del 25.98%. Los tiempos de habilitación, manipulación y tiempo muerto muestran una reducción notoria. En cuanto al tiempo de maquinado, puede observarse que se incrementó en casi 500 seg. El motivo por el cual se ve incrementado el tiempo de maquinado es debido a que todos los movimientos de la máquina se realizan a una velocidad constante, tales son los casos de posicionamiento de la herramienta al pasar de un lado a otro. Dichos movimientos en las máquinas convencionales pueden realizarse a una mayor velocidad, dependiendo de las habilidades del operador.

Hasta este punto puede decirse que la máquina de control numérico representan una ventaja notable respecto a la máquina convencional, ventaja que se ve reflejada principalmente en el tiempo de manipulación de la máquina.

Ahora bien, se requiere analizar las alternativas desde el punto de vista económico. Para ello se requiere la utilización de técnicas de análisis de reemplazo para conocer cual alternativa es más conveniente. Para ello se tomarán en cuenta tres alternativas:1) Conservar la Fresadora Convencional; 2)Convertir la Fresadora Actual en CNC; 3)Adquirir una Fresadora CNC nueva

Mediante un análisis de flujo de efectivo se obtuvieron los siguientes resultados proyectados a 10 años.

Años	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alternativa 1	29,581.71	31,954.54	34,418.91	**36,979.48**	**39,641.16**	**42,409.11**	**45,288.76**	**48,285.79**
Alternativa 2	26,307.12	**29,875.79**	**33,774.55**	37,798.45	41,953.88	46,247.58	50,686.62	55,278.42
Alternativa 3	**26,136.69**	30,179.94	34,190.59	38,329.16	42,602.10	47,016.22	51,578.65	56,296.90

Se tiene que la mejor alternativa para el siguiente año sería contar con una máquina nueva, para los próximos 2 años, se observa que sería mas conveniente utilizar la máquina adaptada, y para los años subsecuentes utilizar la fresadora convencional.

Recomendaciones para la empresa

1. Para las empresas que reúnan características similares a las de la empresa PROCIMEC se recomienda cambiar las máquinas convencionales por CNC, cuando se pretenda incrementar el volumen de producción en forma consistente y cada año, mayor al 26% de la producción de la máquina actual.

2. Se debe tomar en consideración también, que el cambio de una máquina a otra solo debe implementarse siempre y cuando exista un sistema CAD-CAM ligado, de lo contrario los tiempos pueden ser muy elevados, si se requiere hacer el programa de manera manual, y por ende no resulta conveniente.

6. REFERENCIAS Y CITAS

Amstead B., Ostwald P., y Begeman M. (1996). "*Procesos de Manufactura, Versión Si*", Décima Primera Reimpresión, Editorial CECSA. México D.F.
Arduino T. (1998). "*Automatización, Nuevos conceptos y herramientas*", Manufactura. Año 5. Número 42.
Baltazar G. (2000). "*Ingeniería mecatrónica, híbrido en evolución*", Manufactura Año 7, numero 64.
Black S., Chiles V. y Martin S. (1999). "*Principios de Ingeniería de Manufactura*" Primera Edición, Editorial CECSA, pp 184-218.
Catálago 1 (2002), "*American´s Tool Crib*"**,** Precios accesorios para máquinas-herramientas, USA
Catálago 2 (2002), "*Grainer*", Precios de productos de máquinas-herramientas y accesorios, USA.
Catálago 3 (2000), "*Tool Master Supply & Equipment*", Precios de productos de máquinas-herramientas y accesorios", USA.

José Torres Cantero Ingeniero Industrial en Eléctrica jose_torres@utcj.edu.mx

Miriam Margarita Ruiz Sánchez M.C. Ingeniería Industrial margarita_ruiz@utcj.edu.mx

María del Socorro Batista Vega Ingeniero Industrial socorro_batista@utcj.edu.mx